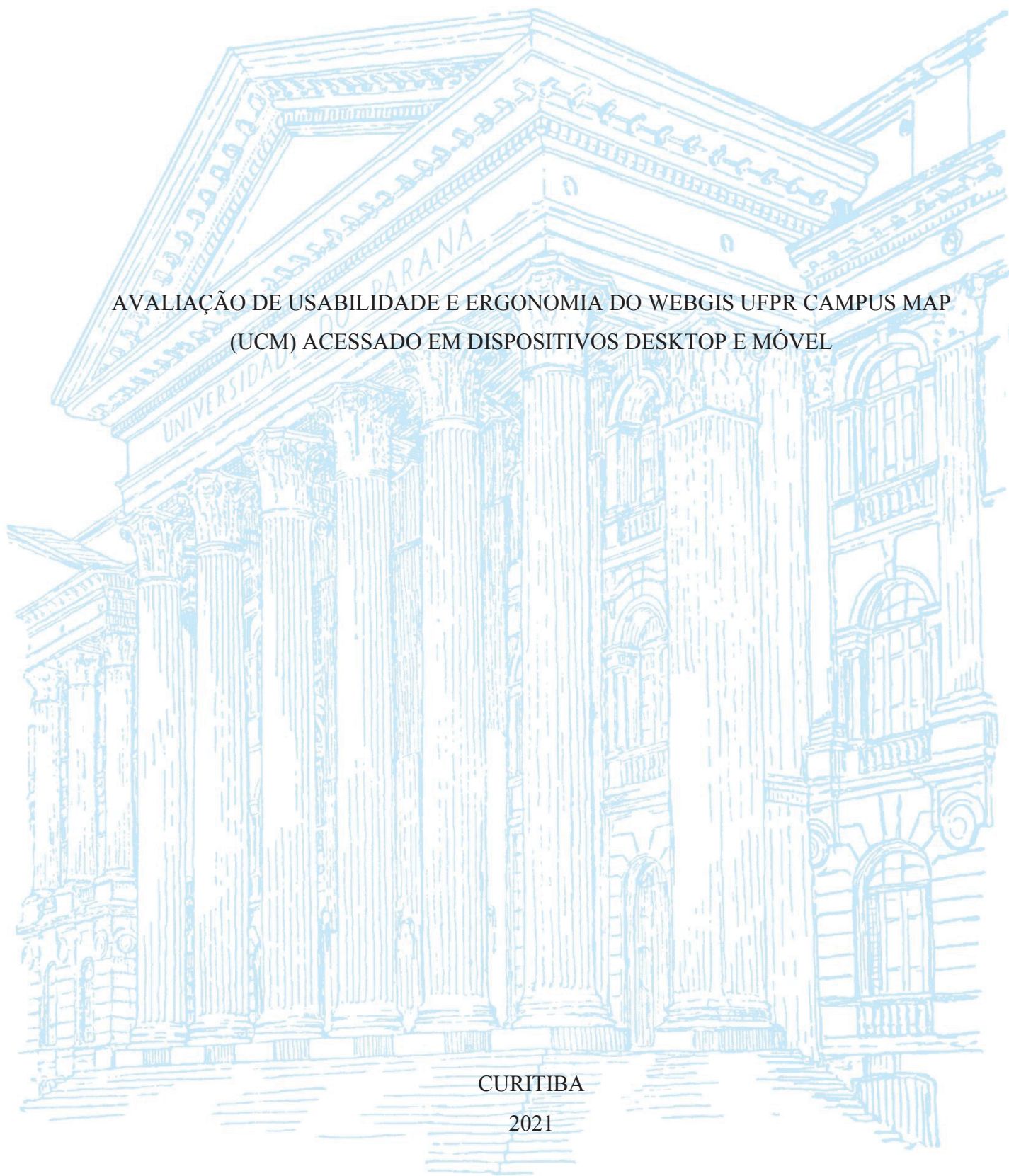


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

VINICIUS EMMEL MARTINS

AVALIAÇÃO DE USABILIDADE E ERGONOMIA DO WEBGIS UFPR CAMPUS MAP
(UCM) ACESSADO EM DISPOSITIVOS DESKTOP E MÓVEL

CURITIBA
2021



VINICIUS EMMEL MARTINS

AVALIAÇÃO DE USABILIDADE E ERGONOMIA DO WEBGIS UFPR CAMPUS MAP
(UCM) ACESSADO EM DISPOSITIVOS DESKTOP E MÓVEL

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Área de Concentração em Cartografia e Sistemas de Informação Geográfica, Departamento de Geomática, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Geodésicas.

Orientador: Prof. Dr. Marcio Augusto Reolon Schmidt

Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª. Luciene Stamato Delazari

CURITIBA

2021

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

M386a Martins, Vinicius Emmel

Avaliação de usabilidade e ergonomia do WebGIS UFPR Campus Map (UCM) acessado em dispositivos desktop e móvel [recurso eletrônico] / Vinicius Emmel Martins. – Curitiba, 2021.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, 2021.

Orientador: Marcio Augusto Reolon Schmidt.

Coorientadora: Luciene Stamato Delazari.

1. Mapas digitais. 2. Sistemas de informação geográfica móvel. I. Universidade Federal do Paraná. II. Schmidt, Marcio Augusto Reolon. III. Delazari, Luciene Stamato. IV. Título.

CDD: 910.285

Bibliotecária: Vanusa Maciel CRB- 9/1928



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO CIÊNCIAS
GEODÉSICAS - 40001016002P6

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIAS GEODÉSICAS da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **VINICIUS EMMEL MARTINS** intitulada: **AVALIAÇÃO DE USABILIDADE E ERGONOMIA DO WEBGIS UFPR CAMPUS MAP (UCM) ACESSADO EM DISPOSITIVOS DESKTOP E MÓVEL**, sob orientação do Prof. Dr. MARCIO AUGUSTO REOLON SCHMIDT, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 02 de Março de 2021.

Assinatura Eletrônica

03/03/2021 07:47:34.0

MARCIO AUGUSTO REOLON SCHMIDT

Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA)

Assinatura Eletrônica

03/03/2021 15:45:29.0

ANDRE LUIZ ALENCAR DE MENDONCA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS)

Assinatura Eletrônica

02/03/2021 16:40:44.0

SILVANA PHILIPPI CAMBOIM

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

AGRADECIMENTOS

A elaboração e desenvolvimento do presente estudo foi possível graças à contribuição de diversas pessoas.

Em especial gostaria de agradecer ao meu orientador, Prof. Dr. Marcio Augusto Reolon Schmidt, por todos os seus ensinamentos, pela paciência, consideração e amizade construída.

A minha coorientadora Prof^ª. Dr^ª. Luciene Stamato Delazari, por suas valiosas contribuições e todo apoio durante a construção do presente estudo.

A banca avaliadora, Prof^ª. Dr^ª. Silvana Philippi Camboim e Prof. Dr. Andre Luiz Alencar de Mendonça, por suas valiosas contribuições para melhoria do trabalho realizado.

Os agradecimentos se estendem aos voluntários que participaram dos testes de usabilidade, viabilizando a realização do estudo.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo incentivo à pesquisa e apoio financeiro.

E por fim ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da UFPR pela oportunidade de fazer parte de sua história.

RESUMO

Mapas distribuídos na internet são ferramentas indispensáveis para resolver tarefas geográficas no dia a dia de todos nós, portanto, pesquisas sobre aspectos de usabilidade podem assegurar a verificação de funcionalidades eficazes, assim como a acessibilidade das informações cartográficas de diversos mapas digitais. A evolução das tecnologias relacionadas à produção, divulgação e acesso aos mapas estão provocando transformações profundas na sociedade. Neste contexto os testes de usabilidade são ferramentas que de acordo com o propósito do mapa podem auxiliar durante o processo de desenvolvimento, aperfeiçoamento e inclusive popularização do mapa, por meio da agregação de melhorias aos requisitos do sistema e facilitando a interação dos usuários com as funcionalidades do mapa. No contexto atual é comum que o acesso aos mapas seja realizado com diversos dispositivos e que possuem características distintas, portanto além de testes de usabilidade também é coerente abordar aspectos relacionados à ergonomia, que é uma opção para se enfrentar problemas relacionados ao posicionamento de menus e ferramentas de interação com a interface bem como os tamanhos de botões que possibilitam acessar as funcionalidades do sistema, com destaque para os dispositivos móveis e com isso propor soluções que auxiliem no desenvolvimento de sistemas interativos e que se adaptem aos usuários e seus contextos de uso. Nesta pesquisa foi estudada a interação de usuários acessando o WebGIS UFPR Campus Map (UCM) por meio de plataformas *desktop* e móvel. Visando propor aperfeiçoamentos para os requisitos iniciais do UCM foi realizada a combinação de avaliações heurísticas por especialistas, testes com usuários e avaliação de aspectos relacionados à ergonomia no uso de dispositivos móveis. A pesquisa foi realizada de forma totalmente remota, aderiram aos testes um total de 66 pessoas, que colaboraram de forma totalmente voluntária participando dos testes de usabilidade, utilizando dispositivos *desktop* e móvel para acessar a interface. A avaliação heurística foi realizada por 6 especialistas, enquanto a aplicação do método acompanhamento de uso contou com a participação de 26 pessoas e o questionário remoto foi respondido por 34 pessoas. Os resultados obtidos demonstraram que a utilização do UCM apresenta divergências, considerando o dispositivo utilizado para acessar a interface. Dentre os fatores relacionados, foram constatados indícios de que a experiência com mapas influencia diversos aspectos na utilização das funcionalidades do UCM e há indicativos de que usuários com nível de formação acadêmica superior, demonstram menor carga de trabalho. A avaliação dos aspectos relacionados à ergonomia no uso de dispositivos móveis demonstrou que grande parte dos usuários preferem utilizar seus dispositivos móveis na posição vertical. São usuários destros, utilizando com maior habilidade, os membros do lado direito do corpo. A alteração do *zoom in/out* do mapa é realizada por meio da abertura dos dedos como uma "pinça". As sugestões relacionadas a possíveis aperfeiçoamentos nos requisitos do sistema foram feitas a partir da avaliação de usabilidade observando as diferentes formas de interação, considerando dispositivo de acesso, como o funcionamento dos menus, compreensão de símbolos, criar rotas, medição de áreas, utilização do *zoom in/out*, escala do mapa, login e realização de *download* de dados. O resultado deste conjunto de análises subsidiou a sugestão para alteração de pontos sensíveis, identificados por meio dos testes de usabilidade aplicados no UCM.

Palavras-chave: Usabilidade de Interface de Mapas Digitais, Mapas em Dispositivos Móveis, WebGIS.

ABSTRACT

Maps distributed on the internet are indispensable tools to solve geographical tasks in the daily lives of all of us, therefore, research on usability aspects can ensure the verification of effective functionalities, as well as the accessibility of cartographic information of several digital maps. The evolution of technologies related to the production, dissemination and access to maps are causing profound transformations in society. In this context, usability tests are tools that, according to the purpose of the map, can help during the process of development, improvement and even popularization of the map, by adding improvements to the system requirements and facilitating the interaction of users with the functionalities. of the map. In the current context, it is common for access to maps to be carried out with different devices and which have different characteristics, so in addition to usability tests, it is also coherent to address aspects related to ergonomics, which is an option to face problems related to the positioning of menus and tools for interacting with the interface, as well as the sizes of buttons that make it possible to access the system's functionalities, with emphasis on mobile devices and, with that, propose solutions that assist in the development of interactive systems and that adapt to users and their contexts of use. In this research, the interaction of users accessing the WebGIS UFPR Campus Map (UCM) through desktop and mobile platforms was studied. In order to propose improvements to the initial UCM requirements, a combination of heuristic evaluations by specialists, tests with users and evaluation of aspects related to ergonomics in the use of mobile devices was carried out. The research was carried out completely remotely, a total of 66 people joined the tests, who collaborated in a totally voluntary way participating in the usability tests, using desktop and mobile devices to access the interface. The heuristic assessment was carried out by 6 specialists, while the application of the use monitoring method was attended by 26 people and the remote questionnaire was answered by 34 people. The results obtained demonstrated that the use of UCM presents divergences, considering the device used to access the interface. Among the related factors, there were evidences that the experience with maps influences several aspects in the use of the UCM functionalities and there are indications that users with a higher academic level of education, demonstrate less workload. The evaluation of aspects related to ergonomics in the use of mobile devices showed that most users prefer to use their mobile devices in an upright position. They are right-handed users, using with greater skill, the members of the right side of the body. The change in the zoom in / out of the map is performed by opening the fingers like a "tweezers". The suggestions related to possible improvements in the system requirements were made based on the usability assessment, observing the different forms of interaction, considering the access device, such as the operation of the menus, understanding of symbols, creating routes, measuring areas, using the zoom in / out, scale of the map, login and download data. The result of this set of analyzes supported the suggestion to change sensitive points, identified through the usability tests applied at UCM.

Keywords: Usability of Digital Maps Interface, Maps on Mobile Devices, WebGIS.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1– CICLO DE VIDA DO PROJETO COM USABILIDADE	22
FIGURA 2– EVOLUÇÃO DOS REQUISITOS AO LONGO DO TEMPO.....	23
FIGURA 3–CURVA DE APRENDIZADO: USUÁRIOS NOVATOS/EXPERIENTES.....	27
FIGURA 4 – ETAPAS DA PROPOSTA METODOLÓGICA	47
FIGURA 5 – VISUALIZAÇÃO DA TELA DO VOLUNTÁRIO DURANTE O ACOMPANHAMENTO DE USO. DISPOSITIVO <i>DESKTOP</i> IMAGEM (a) E DISPOSITIVO MÓVEL (b)	56
FIGURA 6 – CARACTERIZAÇÃO DOS USUÁRIOS TESTADOS	73
FIGURA 7 – MENU APARENTE EM DISPOSITIVOS MÓVEIS, SOBREPONDO O MAPA AO ACESSAR O UCM	75
FIGURA 8 – MENU APARENTE E UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA DE ROTAS.....	76
FIGURA 9 – UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA DE ROTAS. (a) CORRESPONDE A ROTA <i>INDOOR/OUTDOOR</i> . (b) SOMENTE <i>INDOOR</i>	77
FIGURA 10 – MENU APARENTE E UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA DE ROTAS....	78
FIGURA 11 – MUDANÇAS DE ANDARES NAS CAMADAS <i>INDOOR</i> . (a) <i>DESKTOP</i> E (b) DISPOSITIVO MÓVEL, NO EXEMPLO A FUNÇÃO APARECE OCULTO	80
FIGURA 12 – ACESSO AO DOWNLOAD DOS DADOS NO UCM	81
FIGURA 13 –RESULTADOS OBTIDOS COM A APLICAÇÃO DO NASA-TLX.....	82
FIGURA 14 – CARACTERIZAÇÃO DOS USUÁRIOS TESTADOS	87
FIGURA 15 – ACESSO E VISUALIZAÇÃO DA ESCALA GRÁFICA EM <i>DESKTOP</i>	91
FIGURA 16 –"EDIFÍCIO CAMIL GEMAEL – CT" COMPARTIMENTOS INDOOR, 1º ANDAR	93
FIGURA 17 – RESULTADOS OBTIDOS COM A APLICAÇÃO DO NASA-TLX (PARTE 1).....	94
FIGURA 18 – RESULTADOS OBTIDOS COM A APLICAÇÃO DO NASA-TLX (PARTE 2).....	99
FIGURA 19 – RESULTADOS OBTIDOS COM A APLICAÇÃO DO NASA-TLX (PARTE 3).....	105
FIGURA 20 – POSIÇÃO QUE O DISPOSITIVO MÓVEL FOI PORTADO	114
FIGURA 21 – MANEIRA QUE OS USUÁRIOS ALTERARAM O <i>ZOOM</i> NO MAPA...	116
FIGURA 22 – MANEIRA QUE FOI PORTADO O DISPOSITIVO MÓVEL.....	117

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – TRABALHOS EM DESTAQUE	32
QUADRO 2 – HEURÍSTICAS DE USABILIDADE	34
QUADRO 3 – QUESTÕES GERAIS SOBRE O APLICATIVO.....	37
QUADRO 4 – HEURÍSTICAS DE USABILIDADE PROPOSTAS PARA WEBGIS	38
QUADRO 5 – HEURÍSTICAS DE USABILIDADE PROPOSTAS PARA WEBGIS VALIDADAS E ESTENDIDAS	41
QUADRO 6 – LISTA DE REQUISITOS FUNCIONAIS E NÃO FUNCIONAIS	49
QUADRO 7 – REQUISITOS QUE FORAM TESTADOS	50
QUADRO 8 – HEURÍSTICAS USADAS NA AVALIAÇÃO DO UCM	53
QUADRO 9 – DETALHES DE <i>SOFTWARE</i> E <i>HARDWARE</i> UTILIZADOS.....	57
QUADRO 10 – CENÁRIOS ELABORADAS PARA APLICAÇÃO DO ACOMPANHAMENTO DE USO.....	58
QUADRO 11 – FUNCIONALIDADES DO UCM QUE APRESENTARAM PROBLEMAS	69
QUADRO 12 – RESULTADOS DAS QUESTÕES (TABELA 4), FUNCIONALIDADES DO UCM, PARTE 1	89
QUADRO 13 – RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO (PARTE 2).....	95
QUADRO 14 – RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO (PARTE 3).....	100
QUADRO 15 – REQUISITOS DO UCM QUE NECESSITAM APERFEIÇOAMENTOS	119

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – LISTA DE FUNCIONALIDADES AVALIADAS COM A EXECUÇÃO DO ACOMPANHAMENTO DE USO.....	59
TABELA 2 – MÉTRICAS DE USABILIDADE QUE FORAM AVALIADAS NA INTERFACE <i>DESKTOP</i> E MÓVEL	60
TABELA 3 – TAREFAS ELABORADAS PARA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO	61
TABELA 4 – QUESTÕES DE SATISFAÇÃO E <i>FEEDBACK</i>	63
TABELA 5 – QUESTÕES SOBRE FACILIDADE DE INTERAÇÃO DOS USUÁRIOS, EFICÁCIA, EFICIÊNCIA E SATISFAÇÃO	63
TABELA 6 – MÉTRICAS RELACIONADAS A ERGONOMIA	64
TABELA 7 – HEURÍSTICAS UTILIZADAS PARA AVALIAR O UCM.....	68
TABELA 8 – COMENTÁRIOS DOS ESPECIALISTAS.....	72
TABELA 9 – COMENTÁRIOS DOS PARTICIPANTES SOBRE A REALIZAÇÃO DAS TAREFAS RELACIONADAS A ROTAS (QUESTÃO 12).....	97
TABELA 10 – OPINIÕES PESSOAIS DOS PARTICIPANTES SOBRE AS TAREFAS SOLUCIONADAS EM DISPOSITIVO <i>DESKTOP</i>	106

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANOVA - Análise de variância

ANOVA - análise de variância

BDG - Banco de Dados Geoespaciais

CEPAG - Centro de Pesquisas Aplicadas em Geoinformação

E - Erro Máximo da Estimativa

ET-EDGV - Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IHC - Interação Humano Computador

N - Número de usuários na amostra

NASA-TLX - NASA Task Load Index

NASA-TLX - *National Aeronautics and Space Administration Task Load Index*

p - Proporção populacional de indivíduos do grupo experimental

POI - Ponto de interesse

q - Proporção populacional de indivíduos do grupo de controle

RF - Requisitos Funcionais

RNF - Requisitos não funcionais

SGBDG - Sistema de Gerência de Bancos de Dados Geográficos

TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UCD - User Centred Design

UCM – WebGIS UFPR Campus Map

UFPR - Universidade Federal do Paraná

URUT - Teste de Usabilidade Remoto Não Moderado

UX - *User Experience*

VANT - Veículo Aéreo Não tripulado

WebGIS - *Geographic Information System* disponíveis na *Web*

$Z^2_{\alpha/2}$ - Grau de confiança

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	JUSTIFICATIVA.....	18
1.2	OBJETIVOS	19
1.2.1	Objetivo geral	19
1.2.2	Objetivos específicos.....	20
2	ASPECTOS GERAIS DE USABILIDADE.....	21
2.1	ENGENHARIA DE REQUISITOS.....	23
2.2	USABILIDADE EM INTERFACE DE MAPAS DIGITAIS.....	26
2.3	HEURÍSTICAS DE USABILIDADES EM PLATAFORMAS MÓVEIS E DESKTOP.....	34
2.4	ERGONOMIA APLICADA EM DISPOSITIVOS MÓVEIS	42
3	MATERIAL E MÉTODOS	47
3.1	DESCRIÇÃO DO UCM	48
3.2	PARTICIPANTES DOS TESTES	51
3.3	HEURÍSTICAS DE USABILIDADE DIRECIONADAS A DIFERENTES CONTEXTOS TECNOLÓGICOS.....	52
3.4	TESTE DE USABILIDADE “ACOMPANHAMENTO DE USO”.....	55
3.5	AVALIAÇÃO DE USABILIDADE COM QUESTIONÁRIO REMOTO	60
3.6	QUESTIONÁRIOS RELACIONADOS AO ESFORÇO MENTAL, SATISFAÇÃO E FEEDBACK.....	62
3.7	AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS RELACIONADOS A ERGONOMIA EM DISPOSITIVOS MÓVEIS.....	63
3.8	TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS	64
3.8.1	Análise qualitativa.....	65
3.8.2	Avaliação quantitativa.....	66
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	67
4.1	AVALIAÇÃO HEURÍSTICA DO UCM ACESSADO EM DIFERENTES PLATAFORMAS	67
4.2	RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO TESTE “ACOMPANHAMENTO DE USO” 73	
4.2.1	Resultados do teste NASA - TLX comparando os dispositivos de acesso ...	82

4.2.2	Análise quantitativa dos dados coletados NASA-TLX, caracterizando os participantes de acordo com o nível de formação escolar	83
4.2.3	Resultados relacionados à satisfação dos usuários	84
4.2.4	Discussão sobre aplicação do teste acompanhamento remoto.....	85
4.3	RESULTADO DO TESTE QUESTIONÁRIO	87
4.3.1	Questionário de satisfação e <i>feedback</i> do usuário	106
4.3.2	Análise quantitativa dos resultados referentes às funcionalidades do UCM coletadas com questionário.....	111
4.3.3	Análise quantitativa dos dados coletados NASA-TLX, comparando os dispositivos de acesso com o nível de escolaridade dos usuários testados	111
4.4	RESULTADOS DA AVALIAÇÃO ERGONÔMICA EM DISPOSITIVOS MÓVEIS	114
4.5	APERFEIÇOAMENTOS SUGERIDOS PARA OS REQUISITOS DO SISTEMA	119
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	125
	REFERÊNCIAS.....	130
	APÊNDICE 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	139
	APÊNDICE 2 – ROTEIRO DE TESTE PROTOCOLO ACOMPANHAMENTO DE USO (DISPOSITIVO MÓVEL E <i>DESKTOP</i>)	141
	APÊNDICE 3 – INSTRUÇÕES PARA APLICAÇÃO DOS TESTES	142
	APÊNDICE 4 – CARACTERIZAÇÃO DOS USUÁRIOS DOS TESTES.....	143
	APÊNDICE 5 – NASA TASK LOAD INDEX (NASA-TLX)	144
	APÊNDICE 6 – EMAIL PADRÃO PARA CONVITE DE PARTICIPAÇÃO NO TESTE DE USABILIDADE (ACOMPANHAMENTO DE USO)	145
	APÊNDICE 7 – EMAIL PADRÃO PARA CONVITE DE PARTICIPAÇÃO NO TESTE DE USABILIDADE (QUESTIONÁRIO).....	146
	APÊNDICE 8 – EMAIL PADRÃO PARA CONVITE DE PARTICIPAÇÃO PARA AVALIAÇÃO HEURÍSTICA.....	147
	APÊNDICE 9 – TRATAMENTO ESTATÍSTICO COMPARANDO AS FUNCIONALIDADES DO UCM TESTADAS EM DIFERENTES DISPOSITIVOS PROTOCOLO ACOMPANHAMENTO DE USO	148
	APÊNDICE 10 – TESTE TUKEY APLICADO NAS RESPOSTAS NASA-TLX CONSIDERANDO O NÍVEL DE FORMAÇÃO DOS PARTICIPANTES PROTOCOLO ACOMPANHAMENTO DE USO	151

APÊNDICE 11 – TESTE TUKEY COMPARANDO O ACESSO DO UCM EM DIFERENTES DISPOSITIVOS RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO.....	153
APÊNDICE 12 – TESTE TUKEY APLICADO NAS RESPOSTAS NASA-TLX CONSIDERANDO O NÍVEL DE ESCOLARIDADE DOS PARTICIPANTES (QUESTIONÁRIO, PARTE:1) COMPARANDO O DISPOSITIVO DE ACESSO	155
APÊNDICE 13 – TESTE TUKEY APLICADO NAS RESPOSTAS NASA-TLX CONSIDERANDO O NÍVEL DE ESCOLARIDADE DOS PARTICIPANTES (QUESTIONÁRIO, PARTE:2) COMPARANDO O DISPOSITIVO DE ACESSO	156
APÊNDICE 14 – TESTE TUKEY APLICADO NAS RESPOSTAS NASA-TLX CONSIDERANDO O NÍVEL DE ESCOLARIDADE DOS PARTICIPANTES (QUESTIONÁRIO, PARTE:2) COMPARANDO O DISPOSITIVO DE ACESSO	157

1 INTRODUÇÃO

Avanços significativos em tecnologias que envolvem área da computação e informações pessoais transformaram a forma como os mapas são produzidos e consumidos, apresentando mapas altamente interativos e disponíveis livremente na internet (CHUNPIR *et al.*, 2017). Mapas distribuídos na web atualmente são ferramentas indispensáveis para resolver tarefas geográficas no dia a dia de todos nós, portanto, pesquisas sobre aspectos de usabilidade podem assegurar a verificação de funcionalidades eficazes, assim como a acessibilidade das informações cartográficas de diversos mapas web (BALCIUNAS, 2011).

Atualmente existem inúmeros softwares para Sistemas de Informação Geográfica (SIG), variando significativamente nas funções disponíveis, por exemplo, aplicações em ambiente *desktop* destinam-se principalmente a profissionais que precisam de soluções com elevado poder de processamento (DALTON, 2013). Bartling *et al.* (2019), salienta que os usuários inexperientes preferem utilizar aplicativos de mapas com interface e dados predefinidos e que ofereçam todas as informações necessárias de uma só vez. Portanto, cada vez mais os Sistemas de Informações Geográfica (*Geographic Information System*) disponíveis na *Web* (WebGIS) tornam-se amplamente utilizados em diversas situações, por pessoas com diferentes níveis de conhecimento de cartografia, desde leigos até os especialistas no assunto.

Os produtos da cartografia digital demanda um intenso trabalho entre cartógrafos e usuários, como estruturação das representações cartográficas por meio dos elementos do mapa, classificação dos dados e organizando as informações mapeadas, visando melhorar a comunicação do mapa com os usuários (MENDONÇA, *et al.*, 2010; KOZEL, 2013). Bem como o paradigma interface mapa que possui elementos intrínsecos ao mapa, fazendo parte do processo de interação, contendo ferramentas possibilitando ao usuário navegar e consultar informações contidas na base de dados espacial por meio de representações cartográficas (MENDONÇA, 2013).

Devido ao crescente protagonismo que soluções web passaram a ter na vida das pessoas, destacando-se como importante meio para a cartografia, as possíveis interações entre o produtor e cliente resultam em uma demanda cada vez maior de serviços com foco no mapeamento Web (ROTH *et al.*, 2014; KOMARKOVA *et al.*, 2019). Os cartógrafos têm respondido a este novo meio, explorando o potencial e os limites da Internet para a construção e distribuição de mapas, tornando-se uma importante ferramenta de disseminação e utilização de informação espacial (PETERSON, 2007).

A revolução tecnológica, alterou os dispositivos de acesso e as ferramentas de análise de dados espaciais que foram se adaptando à evolução do *hardware* (OLIVEIRA et al., 2020). Com a popularização do uso da Internet, os avanços tecnológicos possibilitaram que a rede de dispositivos se estabelecesse como um forte meio para divulgação de informações, onde os WebGISs também se enquadram, podendo ser acessados em múltiplos dispositivos (DUARTE FILHO, 2016). Mas, essa passagem não é trivial. Dentre os aspectos que devem ser destacados para observação, da mesma forma que os requisitos de processamento e aplicação de um WebGIS acessado em *desktop* muda para um WebGIS acessado por meio de dispositivos móveis de pequeno formato e manuseio dos recursos através do toque como *tablets* e *smartphones*, os requisitos de interação também necessitam de aperfeiçoamentos. Outro ponto, é que os projetos de interface são sensivelmente diferentes para cada tipo de acesso, tanto para plataformas *desktop* e para o móvel.

Segundo Carvalho (2018), o desenvolvimento de qualquer sistema vai além das etapas de planejamento e codificação da interface, para a sua construção diversos requisitos também devem ser considerados, como seus dados, configurações e documentação, por exemplo. O emprego de técnicas de engenharia de software, aliado à utilização de *User Centred Design* (UCD), visam proporcionar o desenvolvimento de uma aplicação que atenda aos requisitos de usabilidade desejados e forneça um ambiente mais adequado aos usuários, colocando o usuário no centro do processo de desenvolvimento (LIMA, 2020). Esses requisitos são previamente definidos por meio de estudos prospectivos, como os feitos por meio dos processos de Engenharia de Requisitos, que possui uma abordagem cíclica ao longo da vida do *software* (SOMMERVILLE, 2011; KONNO, 2018). Cabe, então, à Engenharia de Requisitos guiar o desenvolvimento de *softwares*, ou estabelecer metodologias para se conhecer as necessidades dos usuários, os quais podem ser aplicados na cartografia (SLUTER, 2016; KONNO, 2018). O propósito da aplicação do UCD em um projeto é a busca pela satisfação dos usuários por meio da elaboração de produtos utilizáveis e compreensíveis que atendam às suas necessidades e interesses (SALAH; PAIGE; CAIRNS, 2014).

Outro aspecto se refere à interface. Existem normas direcionadas ao design centrado em usuários, como por exemplo a ISO 9241-11 (2018), destinada a aumentar a aceitação e a produtividade dos sistemas interativos proporcionando a melhor experiência possível por parte do usuário, através de critérios de usabilidade avaliados com o emprego de técnicas específicas (BEVAN, 2009). Segundo CHAMMAS *et al.* (2015), o que torna as interfaces atrativas é o design de interação, com sua abordagem orientada para o desenvolvimento de sistemas

interativos focado nas necessidades e preferências do usuário que possibilitam realizar as tarefas de modo eficiente.

Os problemas de usabilidade, algumas vezes são resolvidos com simplificações, para facilitar os processos cognitivos do usuário (KUBÍCEK *et al.*, 2017). Ao interagir com as interfaces, os usuários passam a estabelecer um elo que permite a utilização das funcionalidades do sistema, ocorrendo uma familiarização em processos que precisam da interação dos usuários, minimizando a possibilidade do cometimento de equívocos (KOMARKOVA *et al.*, 2019). Pode-se dizer que a interface é a parte de um sistema que uma pessoa pode observar, tocar e sentir. Uma interface mal planejada pode ser um obstáculo para a aceitabilidade por parte dos usuários (ONEY *et al.*, 2018). Os estudos de usabilidade ajudam a avaliar princípios de design e sua influência nos usuários, colocando o usuário no centro do processo de desenvolvimento das tecnologias para posicionamento tanto *indoor* como *outdoor* (KOMARKOVA *et al.*, 2017).

Segundo Ricker e Roth (2018), as informações geográficas são cada vez mais produzidas e consumidas em dispositivos móveis, existe a possibilidade de se utilizar Interfaces responsivas para se fazer uso das ferramentas do WebGIS em questão, considerando a diversidade de dispositivos com características distintas (DICK, GONÇALVES e VITORINO, 2017; MOTIV, 2017). Considerando a diversidade de dispositivos que estão disponíveis no mercado surgiu o conceito de *Mobile First*, pode ser utilizado para desenvolver sistemas com diversas aplicações, inclusive em WebGIS, se caracteriza por um conceito ao qual o foco inicial da arquitetura e desenvolvimento de qualquer sistema seja direcionado aos dispositivos móveis primeiramente, para posteriormente realizar adaptações para dispositivos *desktop* ou outras plataformas com maior espaço de tela disponível (WROBLEWSKI, 2012; PHILIPP 2020). O inverso do que ocorreu com o desenvolvimento do UCM, que foi planejado e desenvolvido em ambiente *desktop* (LIMA, 2020). Uma página web projetada considerando somente o acesso por *desktops* pode trazer disfunções quando utilizada em dispositivo móvel, como exemplo a necessidade de diversas rolagens de páginas tanto verticais quanto horizontais, para que todo o conteúdo possa ser lido (LI e LUXIMON, 2020). Um WebGIS deve considerar os dispositivos de acesso a esse sistema e ser projetado conforme a necessidade de cada aplicação, onde são escolhidas quais funcionalidades serão disponibilizadas ao usuário, junto ao acesso aos dados de interesse, com a finalidade de garantir que o produto atenda às necessidades dos usuários. (NORMAN, 2013; LIMA, 2020).

Segundo Melo *et al.* (2007), sistemas como os WebGIS devem ser conduzidos e refinado por meio de avaliações com usuários, minimizando os riscos de não se atingir os requisitos do sistema e ainda atender às necessidades dos usuários. Portanto, utilizar técnicas de avaliação de

usabilidade permite compreender as dificuldades ou facilidades obtidas na interação do usuário com os mapas web, analisando a Interação Humano Computador (IHC) (BECKER *et al.*, 2018).

Nos últimos anos observou-se o crescimento no interesse da utilização de ferramentas de SIG aplicadas à mobilidade e navegação em *campi* universitários, aliada principalmente ao seu desenvolvimento em ambiente web (LIMA, 2020). Devido ao tamanho e complexidade das infraestruturas de *campi* universitários, surgiu a necessidade de tecnologias para posicionamento com o objetivo de orientação e navegação dos usuários. Os denominados “mapas do campus” em formato digital, são ferramentas de orientação com uma base cartográfica atualizada e com acesso facilitado (MITTLBOECK *et al.*, 2017; LIMA, 2020). Apesar de algumas experiências de mapas de campus digitais (*campusmap*) como (ROTH *et al.*, 2009; WILLENBORG *et al.*, 2016; MITTLBOECK *et al.*, 2017; LIMA, 2020), uma das questões de pesquisa recentes é a transição entre plataformas de visualização em *desktops* para dispositivos móveis, percebe-se que em pesquisas entre as quais (FLEDDERUS, 2016; KOMARKOVA *et al.* 2017; CORBETT *et al.* 2018; CHOW *et al.* 2018; BARTLING *et al.* 2019; KOMARKOVA *et al.* 2019).

O UFPR CampusMap (UCM) é um WebGIS que tem como objetivo prover informações indoor e outdoor dos *campi* da UFPR. No projeto UCM, as interfaces encontram-se em fase de desenvolvimento e implantação possuindo a finalidade de mapear os ambientes indoor e outdoor dos *campi* da UFPR, disponibilizando para a comunidade acadêmica um sistema de navegação eficiente, que visa otimizar a localização do usuário e sua interação com os recursos disponíveis dentro da universidade, oferecendo uma base de dados atualizada sobre a estrutura dos *campi*, tanto de seus ambientes externos quanto internos. Além disso, o protótipo desenvolvido para *desktop* foi adaptado para versão em dispositivos móveis de forma automatizada utilizando um framework responsivo por meio de biblioteca Leaflet, amplamente usada para criar aplicativos de mapeamento da web (KOYUNCU e OZDEMIR, 2016). A interface do UCM está sendo implementada aplicando conceitos de UCD e foram realizados testes de usabilidade de modo remoto por meio da execução de tarefas e aplicação de questionário (LIMA, 2020). Porém foi realizada uma avaliação das funções do UCM adotando metodologias que combinasse avaliações heurísticas por meio de especialistas e testes com usuários.

O presente trabalho buscou propor uma combinação de avaliações de usabilidade com avaliação heurística nas interfaces *desktop* e móvel do UCM projetado empregando o conceito de *design* responsivo, por meio da análise das mudanças de requisitos na utilização e interação

de ambas as plataformas. O problema de pesquisa consiste em verificar se a utilização do UCM apresenta divergências para atender os requisitos de navegação e interação dos usuários que acessam o sistema utilizando multiplataformas.

Assim, este trabalho parte da hipótese de que realizar avaliações de usabilidade do UCM acessadas em diferentes dispositivos (versão *desktop* e móvel), combinando diferentes metodologias e IHC permitirá detectar problemas de interação na interface, e auxiliará no aperfeiçoamento dos requisitos estabelecidos para o desenvolvimento original do sistema.

A avaliação da interface cartográfica de forma remota, exigiu adaptações nos testes de usabilidade tradicionais com destaque para o acompanhamento de uso, inspirado no método protocolo *Think Aloud*. Além de critérios de usabilidade da interface, o processo de avaliação envolveu questões de eficácia no cumprimento de tarefas, a determinação do nível de satisfação com a interação e navegabilidade nas interfaces do sistema. Uma parte do estudo envolve ainda aspectos pontuais relacionados à ergonomia, em diferentes dispositivos móveis. Este trabalho adota avaliações de heurísticas por especialistas e testes com usuários por meio cumprimento de tarefas, permitindo indicar o nível de dificuldade em operar o UCM, através de heurísticas de usabilidade, que sejam adequadas para avaliar a interface tanto de dispositivos *desktop* e móveis.

1.1 JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento dos WEBGIS estão cotidianamente sendo utilizados nas mais diversas situações como o *Google Maps*, *OpenStreetMap*, *Uber* e *iFood* por exemplo. Corroborando com este fato, nos últimos anos o número de usuários de dispositivos eletrônicos cresceu significativamente, com destaque para os dispositivos móveis (KUPARINEN, 2016; SOUSA e RODRIGUEZ, 2018; LIMA, 2020), tornando-se acessível a maioria das pessoas, possibilitando diversas aplicações. Contudo, observa-se que tal popularidade não implica necessariamente em satisfação dos usuários, que se confrontam frequentemente com problemas de usabilidade (SILVEIRA e NUNES, 2013; KARAMPANA, 2019).

Considerando que estas tecnologias podem ser utilizadas para situações críticas, as quais se busca por otimização de tempo, e avanços tecnológicos que estão aptos à satisfação do usuário, é importante que a aplicação de testes de usabilidade nos WEBGIS seja considerada. Para Kuparinen *et al.* (2016), a realização de novos estudos sobre usabilidade para avaliação da experiência do usuário de WEBGIS é recomendada.

Deste modo, é possível analisar que várias heurísticas de usabilidade para inúmeras aplicações foram introduzidas em pesquisas como NIELSEN (1993); KOMARKOVA *et al.*, (2011); KUPARINEN *et al.*, (2013); KUPARINEN, (2016); KOMARKOVA *et al.*, (2017); KARAMPANA, (2019); KOMARKOVA *et al.*, (2019); HARLEY *et al.*, (2019); BARTLING *et al.*, (2019); KARAMPANA, (2019). Como forma de contribuir para a migração entre *frameworks* em diferentes plataformas (*desktop* e móveis) surge a necessidade de ser realizada a combinação de avaliações heurísticas por meio de especialistas e testes com usuários, considerando eficácia, eficiência e satisfação do usuário, visando entender como a mudança de interface *desktop* para dispositivo móvel afeta a usabilidade de um sistema.

A realização da presente pesquisa foi embasada em estudos como os de Ramesh *et al.* (2010), que afirmam que a análise de requisitos é um processo político-social que depende da interação humana e é influenciado por vários fatores contextuais. Segundo Schon *et al.* (2017), existe relação entre a Engenharia de requisitos com o envolvimento das partes interessadas e dos usuários. Portanto com a realização do presente estudo se pretende colaborar com a construção de conhecimentos acerca de metodologias apropriadas que relacionem a Engenharia de Requisitos e a Engenharia de Usabilidade.

Outro fator que justifica a realização do presente estudo é o fato de ser realizada uma combinação de métodos de usabilidade utilizando técnicas remotas para avaliar a usabilidade do UCM. A participação dos usuários por meio de testes de usabilidade é uma valiosa fonte de conhecimento sobre o contexto de uso das interfaces cartográficas, servindo para explorar soluções de problemas na interação dos usuários com a interface. A aplicação de processos de avaliação de usabilidade e ergonomia na interface cartográfica do UCM, versão *desktop* e migração para dispositivos móveis, ajudará no conhecimento para desenvolver sistemas com alta qualidade de usabilidade utilizando os princípios do design centrado no usuário. Por isso, a importância da avaliação e medição dos graus de aceitabilidade em diferentes funcionalidades da interface do UCM e com isso identificar problemas na utilização do UCM e prováveis soluções através dos aperfeiçoamentos nos requisitos do sistema.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Aprimorar os requisitos da interface do WebGIS UFPR CampusMap (UCM) acessada por dispositivos *desktop* e móveis por meio de avaliações qualitativas e quantitativas.

1.2.2 Objetivos específicos

- Selecionar as heurísticas de usabilidade que podem ser igualmente utilizadas nas diferentes plataformas.
- Avaliar a usabilidade do UCM (versão *desktop* e móvel), com aplicação de testes de usabilidade remotos.
- Avaliar aspectos relacionados à ergonomia do UCM em dispositivos móveis.
- Propor aperfeiçoamentos para os requisitos iniciais do UCM.

2 ASPECTOS GERAIS DE USABILIDADE

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2018 a internet foi utilizada por cerca de 70% dos domicílios brasileiros, sendo o equipamento mais usado para o acesso à Internet foram dispositivos móveis como *smartphones* e *tablets*. O percentual de pessoas que acessam à Internet através de dispositivos móveis alcançou 97%, enquanto as que utilizam apenas o microcomputador para este fim vem mostrando queda, chegando a 56%. Segundo YANG *et al.* (2019), nos próximos anos o número de usuários de dispositivos móveis em todo o mundo deve continuar em crescimento.

Associada a esse aumento de usuários, o consumo de mapas distribuídos pela internet e o *Location based services* (LBS) tem se expandido (VIEIRA, 2017). Autoridades públicas de todos os níveis estão construindo LBS para melhorar a disseminação de informações, oferecer serviços públicos ou integrar cidadãos nos processos de planejamento (UNRAU e KRAY, 2019). Segundo Bartling *et al.* (2019), Komarkova *et al.* (2019) e Unrau e Kray (2019) o aumento de usuários iniciantes com pouca experiência em sistemas dessa natureza, demonstram que são necessárias avaliações mais profundas da usabilidade destas interfaces.

As pessoas utilizam seus dispositivos móveis para realizar inúmeras tarefas diárias (ROTH *et al.*, 2014) e, às vezes, enfrentam alguns problemas ao trabalhar com aplicativos ou sites, especificamente quando suas tarefas são espaciais, devido a tela pequena e sensível ao toque. Ao executar algumas tarefas relacionadas aos mapas, pode-se gerar um desafio para os usuários de dispositivos móveis, como por exemplo as interações sucessivas de *zoom* e representações de mapas, como o nível de detalhes necessários para a compreensão do mapa (MENDONÇA, 2013; KARAMPANAH, 2019).

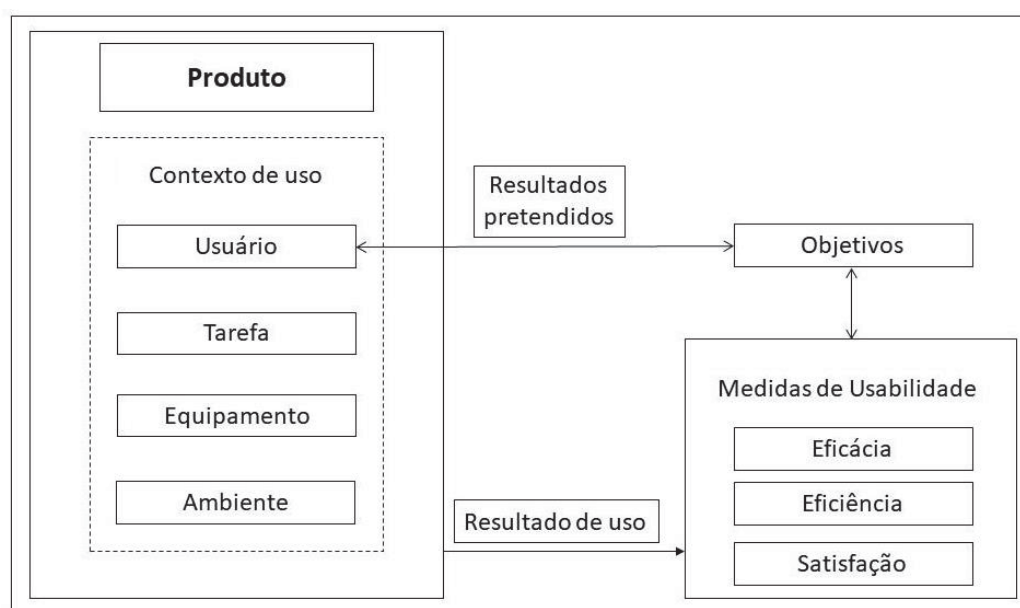
Segundo Karampanah (2019), o desenvolvimento e implementação de sistemas móveis baseados em mapas, ainda carece de atenção suficiente na avaliação da usabilidade realizadas geralmente por instituições acadêmicas e empresas de tecnologias, considerando o contexto de dispositivos móveis, no qual interagir e utilizar os mesmos contextualizar uma situação laboriosa, sobretudo para pessoas com pouca afinidade tecnológica.

Por conseguinte, o propósito principal da avaliação de uma interface é identificar os problemas de usabilidade de forma precoce. Uma vez identificados, estes problemas podem ser corrigidos ou ao menos seus efeitos podem ser minimizados, melhorando a aceitação por parte dos usuários. Segundo Jesus, Brito e Fernandes (2018), quando o sistema é testado na fase inicial de desenvolvimento, a avaliação de usabilidade consegue identificar os parâmetros ou elementos que deverão ser implantados. Na fase intermediária, funciona como validação ou

refinamento do projeto e, na fase final, busca confirmar se o sistema atende aos objetivos e necessidades dos usuários (JESUS, BRITO e FERNANDES, 2018). Alguns exemplos citam, reduzir o tempo de acesso à informação, tornar informações facilmente disponíveis aos usuários, evitando a frustração de não encontrar determinadas informações, ou melhorar a interação com as funcionalidades das ferramentas do site (OAKLEY e DAUDERT, 2016). Segundo Snyder *et al.* (2016), as pessoas ao acessarem uma página web, em hipótese serem incapazes de encontrar a informação buscada, tendem a não voltarem a visitar o conteúdo deste site. A complexidade em encontrar informações no site é, com toda certeza, um dos principais problemas de usabilidade relatado por diversos usuários (KARAMPANAH, 2019).

De acordo com Zapata *et al.* (2018), grande parte dos pesquisadores mencionam que o processo de desenvolvimento das interfaces web ou de aplicativos em geral, deve ser um ciclo contínuo de design, desenvolvimento e avaliações de usabilidade, apresentado na (FIGURA 1) oriunda da ISO 9241-11/2018 e adotada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) sob denominação NBR 9241-11/2018.

FIGURA 1– CICLO DE VIDA DO PROJETO COM USABILIDADE



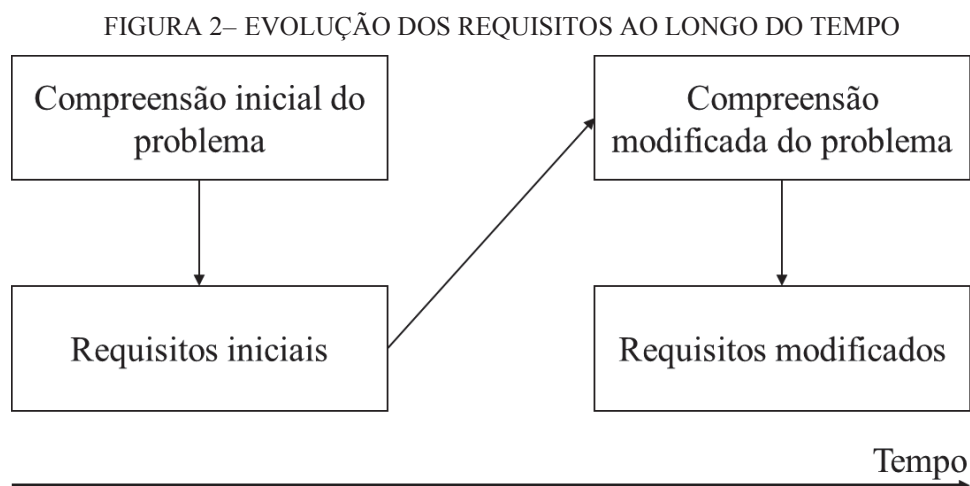
FONTE: adaptado da ISO 9241-11.

Segundo Harley *et al.* (2019), a usabilidade da interface não pode ser dimensionada apenas pelos conhecimentos técnicos do desenvolvedor ou do cartógrafo, ou outro profissional de outra área relacionada. O ciclo de vida apresentado na (FIGURA 1) é uma representação para especificar ou medir a usabilidade, identificando a eficácia, eficiência e satisfação dos

usuários. Em grande parte dos casos, problemas de usabilidade são identificados durante a utilização da interface (CHAMMAS *et al.*, 2015). Por esta razão é afirmado por Kuperinen *et al.* (2016), que são necessários mais estudos sobre usabilidade em WEBGIS.

2.1 ENGENHARIA DE REQUISITOS

Os requisitos constituem a base para a concepção eficiente do sistema e devem ser utilizados durante todo o processo de sua implementação. Requisitos incompletos ou mal definidos podem acarretar problemas futuros, como exemplo erros, como dificuldade na digitação para cadastro no sistema, fazendo com que o sistema não atinja os objetivos propostos (SOMMERVILLE, 2011; SLUTER *et al.*, 2016; CARVALHO, 2018; KONNO, 2018; LIMA, 2020). O desenvolvimento dos requisitos se destina a determinar as características e capacidades que o produto deve ter para atingi-los (VAZQUEZ e SIMÕES, 2016). Os requisitos são descrições de como o sistema deveria se comportar, e contêm informações do domínio da aplicação e restrições sobre a operação do sistema (CARVALHO, 2018). Segundo Konno (2018), os requisitos iniciais podem ser modificados no decorrer do tempo por diferentes motivos como o conhecimento dos desenvolvedores sobre o problema ou mudança de tecnologia. A FIGURA 2 ilustra um esquema sobre a evolução dos requisitos.



FONTE: adaptado de (KONNO, 2018).

De acordo com Sommerville (2011), os processos de engenharia de requisitos podem incluir quatro atividades de alto nível.

- a) Estudo de Viabilidade: visa avaliar se o sistema é útil para a empresa, o estudo também considera se o sistema proposto produzirá rendimento satisfatório em uma perspectiva

de negócio, e se poderá ser desenvolvido dentro das restrições orçamentárias impostas pelos usuários.

- b) Elicitação e análise: A descoberta de requisitos chamada elicitación de requisitos é o processo de reunir informações sobre o sistema requerido e os sistemas existentes e separar dessas informações os requisitos de usuário e de sistema, desenvolvendo o sistema solicitado pelo cliente. Sommerville (2011), afirma que elicitar e compreender os requisitos é uma tarefa difícil por vários motivos, dentre os quais destaca que os usuários podem não saber o que querem do sistema, realizando exigências inviáveis por não saber o que é ou não viável. E, nesta fase, Sommerville (2011), recomenda que sejam realizadas entrevistas e aplicação de questionários.
- c) Especificação de Requisitos: Inclui todas as descrições das funcionalidades do sistema, restrições do projeto, validações e outros dados relacionados aos requisitos documentados.
- d) Validação de Requisitos: é a fase onde se verifica se os requisitos atendem às necessidades do cliente. A ocorrência de mudanças dos requisitos normalmente significa que o projeto e a implementação do sistema também devem ser alterados. Além disso, o sistema deve, posteriormente, ser testado novamente. O custo para consertar um problema de requisitos por meio de uma mudança no sistema é geralmente muito maior do que o custo de consertar erros de projeto ou de codificação.

Os requisitos estão presentes ao longo de todo o ciclo de vida de um software. Segundo Lima (2020), a partir da proposta inicial do projeto UCM, foram consideradas as necessidades da participação do usuário no contexto da aplicação WebGIS a ser desenvolvida. Foram levantados os requisitos dos usuários e do sistema e definiu-se quais dados e funcionalidades estarão disponíveis no projeto.

Os Requisitos Funcionais (RF) são todas as necessidades, características ou funcionalidades esperadas em um processo que podem ser atendidos pelo sistema. De forma geral, um requisito funcional expressa uma ação que deve ser realizada através do sistema, ou seja, o usuário insere informações a respeito da ação que deseja tomar, e o software executa tal ação (LIMA, 2020). O Requisitos não funcionais (RNF), por sua vez pode ser definido como “de qual maneira” o sistema deve fazer, eles indicam condições ou então características de como será executada determinada ação pelo sistema (SOMMERVILLE, 2011).

A utilização de recursos da Engenharia de Requisitos em conjunto com as técnicas de UCD para melhorias da usabilidade da interface do UCM, segundo Lima (2020), foi possível ampliar os estudos da utilização da Engenharia de Requisitos neste sentido, uma vez que os

trabalhos realizados enfatizaram a análise dos mapas e não da interface propriamente dita. Foi possível obter o levantamento das definições de uso do usuário e da aplicação, dos seus requisitos funcionais e não funcionais, além da definição da estrutura de software e de seus dados. Utilizou-se ainda técnicas de UCD buscando a melhoria da usabilidade do usuário com o sistema.

Os requisitos são utilizados como base para desenvolvimento do sistema para se realizar análise, modelagem, projeto, execução, testes, produto final e manutenção dos mesmos. No contexto da utilização e aprendizagem de sistemas em plataformas móveis, foram identificados sete requisitos básicos que são vinculados à usabilidade por (DUARTE FILHO, 2016).

- **Inteligibilidade:** o ambiente deve possibilitar a sua utilização pelos usuários de maneira simples e fácil. Além da facilidade de uso do ambiente, as funcionalidades devem estar alinhadas de forma adequada possibilitando um uso correto em relação ao dispositivo móvel. A inteligibilidade em ambientes de aprendizagem móvel deve ser flexível, permitindo que o usuário utilize um dispositivo móvel de forma fácil e simples.
- **Atratividade/Motivação:** a utilização de dispositivos móveis, juntamente com o advento da computação ubíqua, aumenta a motivação do aprendiz em relação ao comprometimento de usar e aprender com o próprio ambiente.
- **Operacionalidade:** o ambiente do sistema, deve ser simples, flexível e conveniente para operar (por exemplo, número mínimo de cliques para localizar e exibir informações, número mínimo de abas para exibir informações).
- **Apreensibilidade:** o ambiente não deve distrair cognitivamente os usuários ao longo das atividades; pelo contrário, deve atrair a atenção do usuário. A apreensibilidade em dispositivos móveis pode ser impulsionada na execução de atividades educacionais utilizando recursos nativos de um dispositivo móvel, alarmes, notificações, animações, entre outros aspectos, proporcionando uma maior facilidade de assimilação de informações e conhecimentos.
- **Layout e Organização:** o ambiente deve proporcionar um *layout* simples e bem estruturado. Deve ser esteticamente atraente, agradável e divertido de usar, garantindo maior motivação por parte dos aprendizes. O plano de fundo, menus, barras de ferramentas, botões e ícones devem possuir uma harmonia estrutural, principalmente em relação a cores e dimensões. O número de páginas deve ser bem trabalhado possibilitando a troca de níveis de páginas em um dispositivo móvel.
- **Acessibilidade:** Os ambientes de aprendizagem móvel devem prover o máximo de acessibilidade aos usuários, independentemente de capacidades específicas e cognitivas.

Os ambientes devem apoiar diferentes linguagens de comunicação e cognição, e aproveitar as funcionalidades específicas de um dispositivo móvel, como, por exemplo, ampliação da tela/*zoom*, rotação da tela, customização de cores e brilho.

- Ajuda: Deve conter descrições sucintas das atividades e das operações que podem ser realizadas.

A interface dos WEBGIS deve ser fácil de aprender, facilitando o reconhecimento e a lembrança, por parte dos usuários, de todas as suas funções. Os requisitos funcionais definem as funcionalidades do sistema, já os não funcionais definem as suas restrições (LIMA, 2020). Além destes, existem também os denominados requisitos suplementares, que abordam questões relacionadas a restrições tecnológicas e são aplicados ao sistema como um todo e não apenas a funções individuais (WAZLAWICK, 2011). Segundo Duarte Filho (2016), é aconselhável que o uso comum da plataforma apresenta boa aceitabilidade por parte dos usuários, lembrando ainda que podem existir usuários com características e dificuldades distintas ao operar o sistema.

A sinergia prática entre a Engenharia de Usabilidade e a Engenharia de Requisitos é complexa, principalmente quanto a problemas com o compartilhamento de conhecimento entre as partes interessadas, relacionados principalmente a crenças, valores e preferências fundamentais, entre os engenheiros e os programadores, por vezes não se entendendo de forma objetiva, devido a diversos fatores, como por exemplo fato de não “falarem a mesma língua”, por justamente possuírem diferentes abordagens para o mesmo problema (CARLSHAMRE, 2001; ADIKARI *et al.*, 2013; HARBERS e DETWEILER, 2015). Além da preocupação com o usuário utilizar bem o sistema testado, é fundamental a relação com os desenvolvedores de *software*, conforme Schon et al. (2017), as metodologias apropriadas devem ser encontradas para construir um entendimento compartilhado sobre a perspectiva do usuário, entre os membros do projeto e as partes interessadas.

2.2 USABILIDADE EM INTERFACE DE MAPAS DIGITAIS

A pesquisa científica na construção de mapas interativos possui como base de conhecimento as teorias da Interação Humano-Computador, ramo da informática que teoriza acerca da construção de interfaces e da arquitetura de processos interativos (MENDONÇA *et al.*, 2010). Usabilidade é um termo que pode ser aplicado ao uso de interfaces web, sendo geralmente medida através do cumprimento de tarefas de modo eficiente e eficaz pelo usuário, por meio da mínima quantidade de erros e pela satisfação subjetiva do mesmo (JESUS, BRITO

e FERNANDES, 2018). A usabilidade é necessária para minimizar problemas encontrados durante a interação dos usuários com o sistema. A literatura relacionada à usabilidade, frequentemente, utiliza termos como UCD (*User Centred Design*), IHC ou UX (*User Experience*), que enfatizam os processos de design nos quais os usuários influenciam o andamento do projeto (OLIVEIRA, 2019).

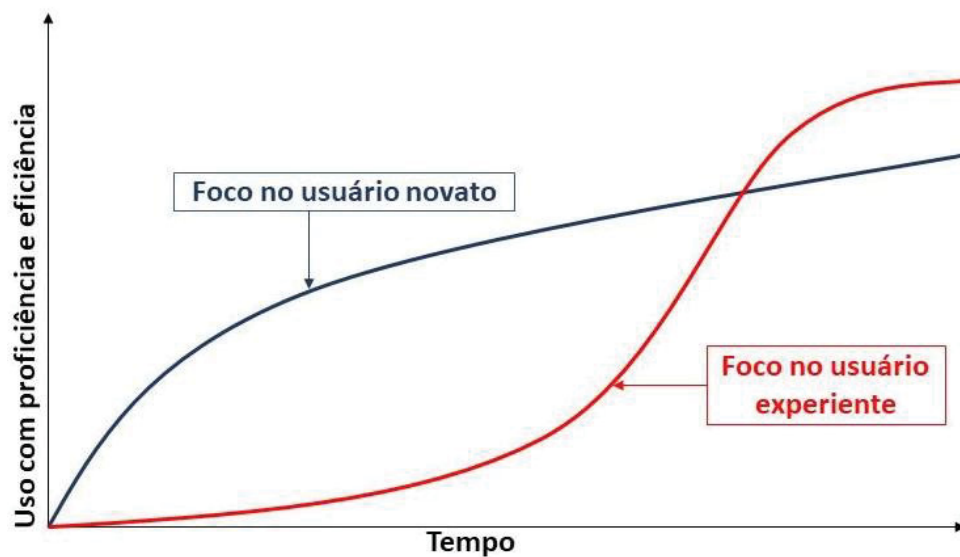
O termo usabilidade pode ser definido como sendo a "capacidade de o software ser compreendido, aprendido, operado e atraente aos usuários, quando utilizado em condições especificadas" (ISO 9241-11, 1998). Em outras palavras, a usabilidade confere a facilidade de se aprender a utilizar um determinado sistema, a eficiência de uso e o potencial do sistema em se comunicar com o usuário (BEVAN, 1995).

A norma ISO 9241-11 (2018) estabelece que a usabilidade deve ser avaliada preferencialmente segundo três aspectos distintos, e não correlacionados:

- Eficácia: corresponde a acurácia com a qual os usuários alcançam certos objetivos, interagindo com o sistema.
- Eficiência: é a relação entre os recursos despendidos para alcançá-la. Seus indicadores são o tempo, esforços mentais, físicos, operacionais, ambientais, hardware e software;
- Satisfação: está relacionada ao conforto do usuário em interagir com a interface e as atitudes positivas em relação ao uso do sistema.

Eficácia e eficiência são consideradas relativamente simples de se associar com a interface dos mapas web. Satisfação do usuário também é um objetivo importante para produto cartográfico refletindo, por exemplo, se o usuário utilizaria novamente a interface cartográfica (COURSARIS e OSCH, 2016). Este último é para Nielsen (1993), um dos principais indicadores, pois se o sistema é bom o suficiente para satisfazer as necessidades e exigências do usuário possibilitando uma experiência agradável ao interagirem com o sistema e realizar tarefas, os mesmos voltarão a interagir com o sistema. Nesse contexto, o autor descreve a aceitação social e prática do respectivo sistema, salientando o potencial do sistema ser útil, e ao mesmo tempo ser reconhecido pela boa aceitação por grande parte dos usuários. Para Nielsen (1993), o estudo da usabilidade tem como objetivo elaborar interfaces capazes de permitir uma interação fácil, agradável, com boa eficácia e eficiência. Isso resulta em interfaces de fácil aprendizado para os usuários novatos, e para os experientes o sistema pode apresentar maior dificuldade de aprendizado, mas de alta eficiência na utilização, como mostra a (FIGURA 3).

FIGURA 3—CURVA DE APRENDIZADO: USUÁRIOS NOVATOS/EXPERIENTES



FONTE: adaptado de (NIELSEN, 1993).

Unrau e Kray (2019), ressaltam que, frequentemente, a investigação de problemas de usabilidade faz parte de um processo de UCD, envolvendo diversos aspectos na etapa de desenvolvimento da interface, desde requisitos funcionais, confiabilidade e segurança de uso, até as chamadas qualidades extras ou implícitas como flexibilidade, adaptabilidade e facilidade de entendimento (REINERT e GONTIJO, 2017). Pesquisas com objetivos específicos, ou parciais em relação ao processo de avaliação, podem usar critérios mais específicos (UNRAU e KRAY, 2019) como:

- Orientação do usuário: resultados que abrangem aspectos gerais de todo o sistema relacionados, mas não limitados à documentação, mensagens de erro e recuperação dos sistemas, bem como conclusões sobre a orientação dos usuários.
- Estratégia: resultados que abordam elaborações das interações dos usuários durante tarefas de várias etapas ou sessões inteiras, como pontuações de tarefas ou avaliações dos usuários do fluxo de trabalho selecionado.
- Uso da ferramenta: resultados que incluem resultados de pesquisa, inspeção ou teste que abordam observações de elementos específicos (por exemplo, pesquisa, seleção, mapa de visão geral, ferramentas de medição ou análises adicionais), bem como a ausência de elementos esperados, ausentes ou não utilizados funcionalidade e assim por diante.
- Interação com o mapa: descobertas que enfocam o recurso essencial de toda aplicação cartográfica e incluem, por exemplo, uma comparação de diferentes técnicas (panorâmica, *zoom*), bem como observações sobre os aspectos da renderização do mapa ou a extensão inicial.

- Representação de ícones: resultados relacionados a observações da simbologia utilizada (por exemplo, ícones de ferramentas, símbolos de mapas etc.).

A definição dos componentes que preferencialmente devem ser avaliados em termos de usabilidade quantificáveis, de acordo com Nielsen (1993) e Mendonça (2013), sucintamente a usabilidade pode ser dividida em:

- Facilidade de aprendizagem: o sistema deve ser fácil de assimilar pelo utilizador, para que este possa começar a trabalhar rapidamente.
- Tempo que um participante do teste leva para finalizar uma tarefa.
- A disposição dos menus.
- Eficiência: o sistema deve ser eficiente para que o utilizador, depois de saber usar, possa atingir uma boa produtividade.
- Facilidade de memorização: o sistema deve ser facilmente memorizado, para que depois de algum tempo o usuário se recorde de como utilizar o sistema novamente, sem grandes dificuldades.
- Segurança: o sistema deve prever erros, evitar que os usuários os cometam e se o cometerem, permitir fácil recuperação ao estado anterior, como por exemplo utilizar as teclas Ctrl+Z.
- A quantidade de vezes que o usuário expressa frustração ou contentamento;
- Satisfação: o sistema deve ser usado de uma forma agradável, para que os usuários fiquem satisfeitos em utilizá-lo.

Os critérios de Unrau e Kray (2019), são comparáveis aos de Mendonça (2013), devido ao contexto em que o usuário passa a ter um papel bastante relevante no processo de construção das interfaces. Porém Mendonça (2013), utiliza critérios distintos ao avaliar a usabilidade na prática, como indicadores que incluem: a qualidade da solução e taxas de erro correspondendo a “eficácia”; critério de “eficiência” como o tempo para conclusão de tarefas; o tempo para aprendizado; e por último a preferência subjetiva do usuário pelo sistema ao proporcionar uma experiência agradável correspondendo a “satisfação”.

De um modo geral, estas técnicas se distribuem em abordagens quantitativas e qualitativas de coleta de dados. Unrau e Kray (2019), apresentam o seguinte conjunto de abordagens quantitativas:

- Pontuações da tarefa: métricas de teste do usuário, como tempo de conclusão da tarefa ou taxa de erro.
- Avaliações subjetivas: classificações por usuários ou especialistas baseadas em escalas numéricas, tornando-as quantitativas.

- Registro de interação: interações intermediárias ou mesmo dados granulares finos, como trilhas de *mouse*, são incorporadas para estender as pontuações das tarefas.
- Rastreamento ocular (*eye-tracking*): mede o tempo gasto pelos usuários assistindo a certos elementos da interface do usuário e outras métricas, como o número de olhares e assim por diante. Envolve a existência de um sistema computacional que automaticamente colete estatísticas acerca do uso detalhado da interface a ser avaliada.
- Avaliação heurística: normalmente dimensiona as classificações com base nos padrões de interface do usuário executados por especialistas (por exemplo, identificação de violações dos princípios de diálogo).

Schobesberger (2009) e Mendonça (2013), apresentam testes com diferentes abordagens qualitativas possíveis:

- Entrevistas: é um método que envolve a interação verbal entre o pesquisador e os participantes com intenções específicas (SCHNEIDERMAN, 1998 apud MENDONÇA, 2013). São especialmente úteis para a coleta de dados qualitativos (opiniões) sobre o sistema projetado. As entrevistas podem ser guiadas por um questionário, mas normalmente eles são mais abertos sobre as respostas. Os entrevistados podem ser especialistas como por exemplo os cartógrafos, ou profissionais de outras disciplinas ou mesmo usuários regulares. Nielsen (1993), defende que entrevistas são adequadas para estudos exploratórios onde pouco se sabe acerca daquilo que se está procurando.
- Questionários: Os questionários são idealizados com propósito de serem divididos em uma série de indagações sobre um determinado tema, incluindo perguntas do tipo abertas ou fechadas. Nas perguntas do tipo fechadas, o usuário tem um conjunto de possíveis respostas preestabelecidas a escolher. Dessa forma, ele expressa sua opinião concordando ou discordando de afirmativas, embora este método restrinja as possibilidades de resposta e possíveis *feedback* dos usuários (NIELSEN, 1993; KOVACIC e GREEN 2012).
- Observação de usuário: Este método possibilita a descoberta de problemas de usabilidade, enquanto o usuário está interagindo com o sistema (NIELSEN, 1993). A observação pode ser direta, que é quando o avaliador está fisicamente presente com o usuário, denominado teste de usabilidade moderado. Ou indireta, quando a interação é registrada por meio de vídeo ou métodos de captura de tela, empregando técnica URUT (Teste de Usabilidade Remoto Não Moderado).

- *Think Aloud*: tem sua origem na psicologia com (VAN SOMEREN *et al.*, 1994). Os participantes executam ações de interação com a interface, expressando em voz alta seus pensamentos e sentimentos. Isto oferece *insights* acerca dos problemas existentes e como se pode trabalhar para solucioná-los. O investigador pode atribuir tarefas especiais ou fazer perguntas durante o processo. Este método pode ser usado para avaliar a usabilidade de protótipos e aplicativos de mapas finais.

Os testes qualitativos podem ser moderados, correspondendo ao tipo de teste mais tradicional, ou não moderados. O moderador é quem guia o usuário pelo roteiro do teste, fazendo perguntas e atribuindo tarefas que ele precisa realizar usando o produto ou a interface que está sendo testada (HERTZUM *et al.*, 2015). O método de questionário não moderado, pode ser considerado uma opção de teste no qual os usuários não são observados fora de seu ambiente habitual, o que minimiza a interferência externa ao seu comportamento, as questões são expressas de forma clara e sem ambiguidades, pois a objetividade das perguntas define a precisão das respostas (BRINGULA, 2011). O método questionário serve principalmente para avaliar a qualidade da interface (CYBIS *et al.*, 2010). Esse método é comum por meio de questionários on-line.

Outra forma são os testes de usabilidade não-moderados, no qual correspondem a testes que podem ser realizados online pelo próprio usuário através de ferramentas que guiam o usuário automaticamente pelas tarefas, por exemplo. O Teste de Usabilidade Remoto Não Moderado (URUT), é uma técnica projetada para ajudar a superar as desvantagens do teste de usabilidade moderado, pois a observação moderada pode ser considerada intrusiva (SCHIRRA e ALLISON, 2018). O usuário pode se comportar de forma diferente quando outras pessoas estão ao seu redor. Um ambiente de testes pode distrair ou inibir um usuário alterando suas respostas, por isso a premissa do URUT é que os participantes trabalhem através de tarefas em seu ambiente usual sem a necessidade de um moderador presente fisicamente. Esses testes podem ser apresentados aos usuários utilizando uma plataforma online, por exemplo (TOMLIN, 2018).

Uma possibilidade para a obtenção de alguns dados é serem capturados em uma mistura de *Think aloud* e *Eye tracking*. O primeiro é o uso de *Dataloggers* que registram as ações de um usuário em determinada interface gravando cliques, tempo e outras informações ao usar uma página web ou aplicativo. A segunda forma é com a gravação de vídeo, externa e do olho do usuário, fornecendo uma visão mais qualitativa do comportamento do usuário (NYSTROM, 2014). Além da identificação da interação, o fator tempo também pode ser levado em conta nessa abordagem. O tempo pode dar uma visão muito útil do desempenho do usuário.

Sequências rápidas de interações recorrentes são altamente desejadas, ao passo que o atraso poderia indicar confusão e desentendimento (PUCHER e SCHOBESBERGER, 2011).

O QUADRO 1 apresenta uma revisão da produção acadêmica da última década relacionada a usabilidade de aplicações em plataformas *desktop* e móvel.

QUADRO 1 – TRABALHOS EM DESTAQUE

Autores	Título	Características
SCHOBESBERGER, 2009	Towards Principles for Usability Evaluation in web mapping-usability research for cartographic information systems	É discutido os principais métodos para avaliação da usabilidade de mapas Web. Ressaltando a importância de ser desenvolvido sistemas com design centrado no usuário, vinculado a uma avaliação de usabilidade. Enfatizando princípios gerais para pesquisa de usabilidade relacionado com o desenvolvimento de ferramentas de mapeamento Web.
KOMARKOVA <i>et al.</i> 2011	Methods of usability evaluation of web-based geographic information systems	Este artigo aborda com métodos adequados de teste de usabilidade de GIS baseados na Web que devem ser realizados. Vários problemas de usabilidade são identificados durante os testes de usabilidade realizados anteriormente e são descritas recomendações, como evitar problemas de usabilidade.
MENDONÇA, 2013	Avaliação de interfaces cartográficas para dispositivos com tela sensível ao multitoque	Realizou a aplicação de testes em usuários com a finalidade de identificar aspectos problemáticos de interação em mapas interativos, contemplando ambientes interno ou externo, em dispositivos móveis comerciais mais utilizados na época.
KUPARINEN <i>et al.</i> 2013	Introducing Usability Heuristics for Mobile Map Applications	Neste artigo, é apresentado um conjunto de heurísticas para avaliar a usabilidade de aplicativos de mapas móveis. Foi desenvolvido as heurísticas, explorando as heurísticas genéricas atuais e, em seguida, formando novas heurísticas baseadas em teoria
MOUMANE <i>et al.</i> , 2016	Usability evaluation of mobile applications using ISO 9241 and ISO 25062 standards	O trabalho propõe um conjunto de medidas para avaliar a usabilidade de aplicativos móveis executados em diferentes sistemas operacionais móveis, seguindo a norma ISO 25062 e ISO 9241-11. Avaliando empiricamente duas aplicações móveis amplamente utilizadas: Google Apps e Google Maps, foi testado um total de 32 usuários no experimento.
KUPARINEN, 2016	Validation and extension of the usability heuristics for mobile map applications	Este artigo aborda o processo de validação e desenvolvimento das heurísticas de usabilidade, para aplicações de mapas móveis. As heurísticas foram testadas por 58 avaliadores dando subsídio para avaliação de usabilidade de quatro diferentes aplicativos de mapas. É sugerido utilizar as heurísticas testadas neste trabalho como parte da metodologia de novos desenvolvimentos de aplicativos de mapas para dispositivos móveis.

KWEE-MEIER <i>et al.</i> , 2017	Integrated Information Visualization and Usability of User Interfaces for Safety-Critical Contexts	É realizado um estudo em sistemas segurança crítica, considerando a importância da usabilidade, que segundo o autor geralmente são projetados de um ponto de vista técnico. O foco foi sobre a colaboração entre o ser humano e a tecnologia. A eficiência no processamento de informações é prejudicada por emoções negativas, como estresse e ansiedade. É orientado a ser realizado avaliações das interfaces com os usuários, projetando o design do sistema iterativo, e avaliando os protótipos como orienta a ISO 9241-11.
OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2019	Usabilidade de Aplicativos de Segurança Colaborativa para Smartphones: Uma Revisão Sistemática	Este estudo objetivou realizar uma revisão sistemática da literatura com o intuito de identificar as diferentes abordagens sobre testes e usabilidade de aplicativos que promovam a segurança colaborativa, verificando o estado da arte neste domínio.
KARAMPANA, 2019	A Survey of Usability Issues in Mobile Map based Systems	Neste estudo é proposto uma revisão sistemática da literatura, replicável e válida para encontrar o método de avaliação de usabilidade mais frequentemente aplicado nos estudos disponíveis para detectar os problemas de usabilidade em sistemas móveis baseados em mapas (WEBGISs).
AHMAD <i>et al.</i> , 2019	Perspectives on usability guidelines for smartphone applications: an empirical investigation and systematic literature review	Este estudo propôs desenvolver uma lista abrangente de diretrizes de usabilidade adequadas para múltiplas plataformas e gêneros de aplicativos para smartphones. Um experimento controlado foi conduzido e destacou que mesmo aplicativos populares que são muito utilizados apresentam problemas de usabilidade.
BARTLING <i>et al.</i> , 2019	A Multi National Human Computer Interaction Evaluation of the Public Participatory GIS GeoCitizen	Este estudo tem como objetivo criar um inventário dos aspectos de usabilidade de sistemas públicos de informação geográfica participativa (PPGIS), concentrando-se na compreensão das características de uma ampla gama de usuários. O estudo de usabilidade incluiu 73 participantes da Colômbia, Uganda e Áustria. Combinamos uma pesquisa qualitativa personalizada (realizada nos três países) com uma pesquisa baseada em rastreamento ocular (realizada apenas na Áustria).
KOMARKOVA <i>et al.</i> , 2019	Usability Evaluation the Prague Geoportal	O artigo descreve um estudo de caso que utiliza a combinação de testes de usabilidade, pesquisa e avaliação heurística para avaliar a usabilidade do Geoportal de Praga. O estudo de caso mostra que resultados muito semelhantes são obtidos pelos métodos.
LIMA, 2020	Desenvolvimento de um WEBGIS para campus universitário com práticas de UCD	Este trabalho abordou a temática da aplicação de técnicas de Engenharia de Requisitos (ER) e o User Centred Design (UCD), para o desenvolvimento de um WebGIS voltado para campi universitários visando a criação de rotas que integrassem os dados da base cartográfica de

		um campus (outdoor) com seus dados de mapeamento indoor. O estudo de caso foi aplicado ao campus Centro Politécnico da UFPR.
--	--	--

FONTE: O AUTOR (2021).

2.3 HEURÍSTICAS DE USABILIDADES EM PLATAFORMAS MÓVEIS E *DESKTOP*

Duas das técnicas de avaliação de usabilidade bastante populares são o teste do usuário e a análise heurística que são processos cognitivos empregados para encontrar soluções para um problema (TAN *et al.*, 2009). O principal objetivo do estudo de Tan *et al.* (2009), foi comparar a eficiência e a eficácia entre testes de usuários e análises heurísticas, ambos os métodos são igualmente eficientes e eficazes no tratamento de diferentes categorias de problemas de usabilidade, mas os dois métodos são complementares e não devem competir. É recomendado que a análise heurística seja implementada nos estágios iniciais do processo de desenvolvimento, enquanto o teste com usuários idealmente deve ser realizado em um estágio posterior do processo de desenvolvimento. Devido à natureza complexa e diversificada dos sistemas WebGIS é difícil definir todas as tarefas possíveis que um usuário (comum ou especialista) pode executar para realizar um teste de usabilidade satisfatório (FLEDDERUS, 2016).

Para que a interface de um WebGIS seja "utilizável" ela deve oferecer facilidade e eficiência para que os usuários possam executar as tarefas pretendidas com o menor número possível de erros, portanto, é muito valiosa a contribuição dos participantes em testes, direcionados ao apelo visual e funcional da interface identificando os principais fatores de usabilidade em um WEBGIS (BOSTROM, 2016). As heurísticas clássicas de usabilidade da Nielsen (1993), são altamente reconhecidas e são a base para muitos trabalhos recentes nos quais o presente estudo fundamenta-se (KOMARKOVA *et al.*, 2011; KUPARINEN *et al.*, 2013; KOMARKOVA *et al.*, 2017; KARAMPANAH, 2019; KOMARKOVA *et al.*, 2019; HARLEY *et al.*, 2019; BARTLING *et al.*, 2019)

A pesquisa de Komarkova *et al.* (2011), aborda uma metodologia para se testar a usabilidade de WebGIS para interfaces *desktop*, com recomendações para facilitar a aplicação dos testes com a finalidade de facilitar a coleta de dados. As heurísticas de usabilidade estão divididas em cinco classes QUADRO 2.

QUADRO 2 – HEURÍSTICAS DE USABILIDADE

Classe	Heurística
--------	------------

Ambiente cartográfico	Existe uma barra de escala gráfica disponível?
	Existe uma escala numérica disponível?
	É possível ver a escala exatamente de forma precisa?
	Existem escalas de limite adequadas para as camadas de dados?
	As camadas de dados são ordenadas de acordo com sua importância considerando o tópico do mapa?
	A legenda está disponível?
	É possível escolher as camadas que serão visíveis?
	É possível definir um <i>rendering</i> automático do mapa quando o mapa é mudado?
	Existe um mapa geral disponível?
	É possível encontrar a data de origem dos conjuntos de dados?
	A descrição dos conjuntos de dados está disponível?
Interface do usuário: clareza e compreensão	Os mapas são divididos de acordo com seus tópicos?
	Os elementos das páginas são colocados adequadamente?
	A área do mapa é a maior parte do aplicativo?
	Os ícones são ordenados de acordo com a importância de sua função?
	Os ícones são divididos em grupos temáticos?
	Os ícones são suficientemente expressivos de acordo com sua função?
	É possível distinguir o ícone selecionado de todos os outros ícones?
	Os ícones têm uma dica de ferramenta?
	Os rótulos dos campos são compreensíveis, breves, adequados e expressivos o suficiente?
	As etiquetas estão na língua local?
	Os rótulos estão gramaticalmente corretos?
	Os termos utilizados são comumente usados e conhecidos?
	Os elementos importantes de uma página são destacados?
	Existe um contraste adequado de cores entre o fundo e a fonte?
	O aplicativo inteiro usou apenas um esquema de cores?
	Todos os mapas usam a mesma interface do usuário?
	O tamanho da fonte é adequado para que os textos sejam legíveis?
	É possível redimensionar a fonte por meio de funções padrão do navegador da Web?
	Existe espaço livre suficiente em torno dos campos de texto para que o texto seja legível e claramente organizado?
	Cada página contém "título" ou "cabeçalho" para expressar seu conteúdo?
	O título da página está localizado próximo ao canto superior esquerdo?
Acessibilidade e facilidade de uso das funções disponíveis	As informações dos locais da barra de status do navegador da Web em algum outro lugar da página?
	Existe algum recurso que informe sobre o estado do carregamento da página?
	São usadas abreviações claras?
	Existe um botão que permita voltar à extensão anterior do mapa?
	Existe um botão que permite avançar para a anterior extensão do mapa?
	É possível mover o mapa com o <i>mouse</i> ?
	É possível fazer um mapa panorâmico pelo teclado?
	É possível fazer um mapa panorâmico com setas na margem ativa de um mapa?
	É possível ampliar o mapa clicando duas vezes?
	É possível ampliar o mapa pela seleção interativa de uma região no mapa com o <i>mouse</i> ?
	É possível escolher o tamanho de um campo de mapa (" <i>viewport</i> ")?
	Existe uma ferramenta que permite exibir a extensão total de um mapa?
	Existe uma ferramenta que permita identificar um recurso selecionado no mapa?
	É possível medir a distância diretamente?
	É possível medir a distância ao longo dos recursos da linha?

	É possível medir a área de um polígono?
	É fácil limpar a seleção?
	É possível configurar unidades?
	O aplicativo contém uma ferramenta para imprimir mapas?
	É possível definir configurações adicionais para impressão?
	A visualização antes da impressão está disponível?
	Um mapa na tela é igual ao mapa impresso?
	É possível escolher a qualidade de um mapa (nomeadamente para impressão)?
	É possível salvar o mapa resultante como uma imagem?
	É possível armazenar o URL de um mapa (incluindo localização, escala etc.)?
	O cursor é colocado automaticamente nos campos utilizados com frequência quando o usuário entra na página da Web ou em uma janela de diálogo?
	Há um link para ajudar disponível?
	É fácil inserir ajuda e retornar ao aplicativo?
	É fácil inserir consultas?
	É possível pesquisar de acordo com vários critérios?
	Todas as camadas de dados são pesquisadas automaticamente?
	Os resultados da pesquisa estão vinculados ao mapa?
	É possível centralizar o mapa para que o recurso selecionado esteja no Centro?
	A pesquisa não diferencia maiúsculas de minúsculas?
	A função de preenchimento automático está disponível quando a consulta é inserida?
	A pesquisa fornece alternativas, por exemplo, menu suspenso?
	É possível pesquisar no menu suspenso pressionando a primeira letra de uma palavra pesquisada?
	A página oferece outros mapas disponíveis no site?
	É possível usar atalhos de teclado comuns (por exemplo, Ctrl + C, Ctrl + V)?
	O usuário pode fazer mais do que apenas reagir aos sistemas (isto é, o usuário pode iniciar ações)?
Ambiente geral do computador	Nenhum plug-in é necessário?
	Nenhum outro software adicional é necessário (por exemplo, Java)?
	Se for necessário um plugin ou outro software, é um link para download disponível?
	O aplicativo funciona corretamente em vários navegadores?
	O aplicativo funciona corretamente em qualquer navegador?
	O aplicativo é organizado com variações na resolução da tela (800x600; 1024x768; 1280x1024)
	Nenhum frame HTML é usado?
	Nenhuma janela pop-up é usada?
	O aplicativo pode se adaptar quando a janela do navegador da Web é exibida redimensionado?
Erros e seu tratamento	Os relatórios de erros são formulados de maneira que o erro é uma falha do sistema não do usuário?
	Os relatórios de erros estão gramaticalmente corretos?
	Os relatórios de erro são sem pontos de exclamação?
	Os relatórios de erro são sem palavras vulgares e rudes?
	Se um erro for encontrado no campo de entrada de texto, é um cursor automaticamente colocado neste campo?
	Os relatórios de erros fornecem alguma sugestão sobre a causa do problema?
	Os relatórios de erro fornecem ao usuário a capacidade de recuperar controle sobre o sistema?
	É possível enviar uma consulta a um provedor de aplicativos?

FONTE: adaptado da (KOMARKOVA *et al.*, 2011).

A avaliação de usabilidade utilizando heurísticas realizadas por Komarkova *et al.* (2011), envolveu apenas especialistas. Foi recomendado a elaboração de questionários com tarefas simples e evitar tarefas complexas. Por fim, os pesquisadores enfatizam que é muito importante envolver nos testes de usabilidade usuários especialistas e não especialistas. De acordo com Komarkova *et al.* (2017), muitos fatores podem influenciar a usabilidade e muitos fatores devem ser levados em consideração, além de tornar o design mais fácil e utilizável, os autores sugerem a combinação de testes de usuário de usabilidade e modelo cognitivos para avaliar a usabilidade de aplicativos baseados na Web, o estudo demonstra que resultados muito semelhantes são obtidos pelos dois métodos.

Os pesquisadores Bartling *et al.* (2019), adotam uma abordagem testando a usabilidade em mapas móveis de sistemas públicos de informação geográfica participativa (PPGIS), aplicando testes em usuários iniciantes de diferentes características em três áreas de estudo Colômbia, Uganda e Áustria, medindo a eficácia (taxa de erros no cumprimento das tarefas), eficiência (tempo gasto em cada tarefa) e satisfação do uso, o estudo de usabilidade incluiu 73 participantes. Observações foram documentadas enquanto os participantes realizavam as tarefas e / ou respondiam às perguntas. Foi utilizado um dispositivo de rastreamento ocular para os participantes austríacos. Depois de concluídas as tarefas, foi aplicado perguntas gerais sobre o *design* do aplicativo, a fim de entender a usabilidade de uma maneira mais holística. Neste estudo, os participantes realizaram seis tarefas QUADRO 3, como entrar no aplicativo e sobre a interação com o elemento do mapa como alteração do mapa base.

QUADRO 3 – QUESTÕES GERAIS SOBRE O APLICATIVO.

Classe	Tarefa
Cenário de tarefas	1. Entre no aplicativo e navegue até o mapa
	2. Mude o mapa base
	3. Encontre um Ponto de interesse (POI) e revise sua descrição
	4. Deixe um comentário em um POI
	5. Adicione um novo POI
	6. Encontre a configuração do perfil e mude a idade
Avaliação do design do aplicativo	7. Observações gerais
	8. Avaliação de projeto

FONTE: adaptado da (BARTLING *et al.*, 2019).

O QUADRO 2 aborda a avaliação de usabilidade em WebGIS para interfaces *desktop*. Por outro lado, Bartling *et al.* (2019), QUADRO 3 utilizam uma metodologia para testar a usabilidade em WEBGIS. Pode-se destacar a semelhança nas heurísticas como execução de

tarefas para se obter resultados com base na interação do participante com as funcionalidades da interface, como por exemplo a tarefa da QUADRO 2 “Mude o mapa base” e a tarefa da QUADRO 3 “Todos os mapas do site usam a mesma interface do usuário?”. Podemos destacar diferenças como a tarefa da QUADRO 2 “Entre no aplicativo e navegue até o mapa” e a tarefa da QUADRO 3 “É possível redimensionar a fonte por meio de funções padrão do navegador da Web?”. A consequência causada pela mudança de interface que ocorre a interação com destaque para algumas heurísticas que se aplicam ao *desktop*, mas não fazem sentido serem aplicadas nos dispositivos móveis, como utilizar uma impressora ou utilizar atalhos de teclado comuns como, Ctrl + C, Ctrl + V. E também o contrário é válido como realizar multitarefa com várias abas abertas simultaneamente em dispositivos móveis.

No artigo de Kuparinen *et al.* (2013), é apresentado um conjunto de heurísticas para avaliar a usabilidade de WEBGIS, explorando heurísticas genéricas e atuais, foi formando uma proposta de novas heurísticas baseadas em bibliografias já consolidadas, como (NIELSEN, 1993). As heurísticas propostas abrangem informações sobre a localização do usuário, orientação da rota, escala do mapa, adaptabilidade das informações visíveis dependendo do tamanho da tela do dispositivo, mapas atualizados, personalização do aplicativo para apoiar os interesses pessoais do usuário e uso de atalhos para salvar informações importantes. No QUADRO 4 são apresentadas as heurísticas de usabilidade propostas com as justificativas que Kuparinen *et al.* (2013), descreve para cada uma delas.

QUADRO 4 – HEURÍSTICAS DE USABILIDADE PROPOSTAS PARA WEBGIS

Heurísticas	Descrição	Justificativa
Visibilidade das funções do mapa contextual e locais importantes.	O aplicativo deve sempre interagir com o usuário, fornecendo feedback informativo dentro de um prazo razoável. As funções do mapa devem estar visíveis. A visualização do mapa deve permanecer constantemente visível quando o aplicativo de mapa estiver em uso.	O tamanho limitado de exibição dos dispositivos móveis causa desafios tanto para definir funções do mapa quanto para tornar visíveis importantes localizações do mapa. O modo de economia de energia não deve ser ativado se o usuário precisa constantemente da assistência do aplicativo de mapa.
Correspondência entre o sistema e o ambiente físico do usuário.	O aplicativo de mapa deve mostrar uma indicação clara da localização do usuário e de outros locais importantes (por exemplo, destinos e POIs) no mapa. É essencial que o mapa corresponda de maneira compreensível com o ambiente físico do usuário. O mapa deve estar atualizado.	Em estudos com mapas móveis 2D versus 3D concluíram que os mapas 3D apresentam representação realista de objetos, visualizações variáveis da perspectiva da primeira pessoa e maior liberdade em movimento. Mapas 2D orientam os usuários a usar sugestões ambientais, como nomes de ruas e travessias.
Controle do usuário sobre as funções do mapa.	Permita que o usuário tenha controle do aplicativo de mapa quando ocorrerem interrupções (no dispositivo móvel: telefonema, mensagens, notificações de outros	Interrupções como e-mails recebidos, SMSs e telefonemas influenciam a interação com dispositivos móveis. Quando essas interrupções ocorrem, o aplicativo deve salvar seu estado atual e

	aplicativos, do ambiente concreto: tráfego, clima, semáforos). Permitir multitarefa.	ainda pode fornecer as instruções de navegação necessárias. O WEBGIS também deve ser sensível ao contexto, ou seja, adaptar-se às condições do ambiente, pois isso pode permitir usos mais eficientes de aplicativos móveis. Por exemplo, o WEBGIS deve ajustar a visibilidade do tamanho da tela de acordo com as condições de iluminação e a hora do dia.
Consistência e padrões.	Siga as convenções da plataforma no design da interface do usuário. Seja consistente no uso de gestos de interação, controles, funções, elementos da interface do usuário e recursos do mapa. Use símbolos de mapa claros, intuitivos e comumente conhecidos.	Os símbolos para mapas móveis são projetados para telas pequenas, nas quais é essencial considerar clareza, intuitividade e convenções de símbolos de mapas. Para que os símbolos do mapa sejam claros, a simplificação e a abstração são essenciais, os símbolos do mapa devem funcionar por semelhança, relacionamento, convenção, diferença e padronização.
Prevenção de erros.	Torne o aplicativo de mapa livre de erros. Se ainda ocorrerem erros, certifique-se de oferecer a possibilidade de se recuperar deles. Evite que o usuário se perca.	Testes cuidadosos do WEBGIS devem ser realizados para reduzir a quantidade de erros. Além de instruções visuais e audíveis, também é possível fornecer feedback aos usuários como o uso de sugestões em ambientes locais.
Reconhecimento em vez de recordação.	Minimize a carga de memória do usuário. Verifique se as principais funções do aplicativo de mapa (por exemplo, explorar, orientação de rota, zoom, panorâmica, seleção de POI) são facilmente acessíveis. Use caminhos curtos de menu para as funções principais ou mantenha as funções principais presentes o tempo todo.	Para evitar sobrecarga, de memória é recomendado utilizar diferentes canais de multimídia para apresentar informações, fornecendo dicas sobre como o usuário pode selecionar e organizar os dados e alinhar o conteúdo de maneira equilibrada.
Flexibilidade, escalabilidade e eficiência de uso.	Ofereça opções flexíveis para as principais funções do mapa. Permita que o usuário salve os locais a serem usados como atalhos (por exemplo, casa) e suporte as informações do POI. Ofereça acesso fácil a informações adicionais (metadados, links, conteúdo gerado pelo usuário). Verifique se a interface do usuário é escalável para diferentes tamanhos de tela de dispositivos móveis.	Utilizar técnicas de renderização, paradigmas de interação e otimização do desempenho do sistema.
Design visual equilibrado e simplista.	A aparência geral harmoniosa deve consistir em um contraste claro entre elementos visuais, layout equilibrado e cores informativas. Elementos visuais devem orientar os usuários a olhar para elementos importantes. Evite confusão visual.	Na aparência geral harmoniosa, todos os elementos devem funcionar bem juntos e se complementam, equilíbrio, clareza e contraste são importantes no design efetivo do mapa. A clareza do mapa é alcançada principalmente através do contraste, que pode ser criado com opostos, como o escuro e a luz. A desordem visual deve ser evitada, as cores devem ser mais intensas devido às diferentes condições de iluminação nos contextos de uso dos mapas móveis.

Reconhecer, diagnosticar e recuperar de erros.	As mensagens de erro devem ser expressas em linguagem simples (sem códigos), indicar com precisão o problema e sugerir construtivamente uma solução. Indique claramente os motivos pelos quais os locais pesquisados não foram encontrados. Salve as pesquisas anteriores do usuário para repetição rápida.	Quando ocorrem erros, a recuperação deles deve ser direta, ações que são reversíveis são importantes para aliviar a ansiedade, porque é claro para o usuário que os erros podem ser desfeitos e eles não devem sentir que vão 'quebrar' o sistema por uma ação equivocada.
Oferecer ajuda.	Mesmo que seja melhor se o sistema puder ser usado sem documentação, pode ser necessário fornecer ajuda e documentação. Forneça: orientação rápida focada na tarefa do usuário e documentação mais detalhada com funções de pesquisa. Preste atenção à compreensibilidade da ajuda.	O design cuidadoso da ajuda e documentação com base nos propósitos do aplicativo e no contexto do usuário. Ele ressalta que é essencial oferecer instruções para a descrição e o uso das tarefas incluídas no aplicativo. Além disso, ele afirma que, como a maioria dos usuários de aplicativos de mapas não está familiarizada com a terminologia especial do campo, o vocabulário e as instruções devem ser simples.

FONTE: adaptado da (KUPARINEN *et al.*, 2013).

A diferença do WEBGIS (QUADRO 4) para *desktop* (QUADRO 2) é a correspondência entre o sistema e o ambiente físico do usuário, no qual o WEBGIS é relevante devido ao fato em que o usuário pode utilizar o mapa ao mesmo tempo em que se locomove no ambiente mapeado com o dispositivo móvel. Portanto pode-se observar que as classes que são utilizadas na QUADRO 4 possuem uma finalidade ligeiramente diferente das classes da QUADRO 2. Ainda que existem semelhanças compartilhadas tanto para interfaces *desktop* como para dispositivos móveis, como enfoque no ambiente cartográfico que é a interface do usuário, portanto manter o usuário no controle do mapa facilita o uso das funções disponíveis, como a recuperação de erros e acesso facilitado a ajuda.

As heurísticas propostas por Kupařinen *et al.* (2013), são específicas para avaliar a usabilidade de WEBGIS, e foram utilizadas por quatro especialistas que é uma limitação da pesquisa, pois é pequena a quantidade de avaliadores para testar as heurísticas propostas. Outra crítica é que a generalização das heurísticas é incerta e complexa, pois o campo dos WEBGIS é extremamente amplo. As heurísticas de Kupařinen *et al.* (2013), foram utilizadas para avaliar mapas digitais em dispositivos móveis. Como parte da pesquisa os avaliadores preencheram um questionário sobre a compreensibilidade de cada uma das heurísticas e esses dados foram analisados, resultando nas heurísticas de Kupařinen *et al.* (2016), que de acordo com os pesquisadores devem ser amplamente utilizáveis no desenvolvimento de aplicativos de mapas móveis.

Kuparinen (2016), explora e propõe um processo de validação e desenvolvimento adicional das heurísticas de usabilidade introduzidas anteriormente em Kuparinen *et al.*, (2013), voltado para WEBGIS. Foram testadas as heurísticas por 58 avaliadores em quatro aplicativos de mapas diferentes. Demonstrou-se que as heurísticas são eficientes para encontrar problemas de usabilidade em WEBGIS. Conforme Kuparinen (2016), as heurísticas de usabilidade introduzidas neste documento devem ser amplamente utilizadas no desenvolvimento de aplicativos para comportar WEBGIS (QUADRO 5).

QUADRO 5 – HEURÍSTICAS DE USABILIDADE PROPOSTAS PARA WEBGIS VALIDADAS E ESTENDIDAS

Heurísticas	Descrição
Combine o mapa e o ambiente físico.	Para evitar que o usuário se perca, o aplicativo de mapa deve mostrar uma indicação clara da localização do usuário e de outros locais importantes (por exemplo, destinos e pontos de interesse, POIs). É essencial que o mapa corresponda de maneira compreensível com o ambiente físico do usuário. O mapa deve estar atualizado.
Mantenha o mapa visível quando necessário.	A visualização do mapa deve permanecer visível o mais rápido possível quando o usuário estiver usando o aplicativo ativamente e principalmente quando houver necessidade de orientações críticas de navegação. Se houver um anúncio exibido no aplicativo, mantenha-o afastado de qualquer parte crítica da interface do usuário ou da visualização do mapa.
Mantenha as funções importantes facilmente acessíveis.	Verifique se as principais funções do mapa (por exemplo, exploração, pesquisa, busca de rotas) são facilmente acessíveis. Use caminhos curtos de menu para as funções principais ou mantenha as funções principais presentes o tempo todo. Deixe claro qual parte ou função da interface do usuário está sendo usada atualmente.
Oferecer atalhos para locais.	Minimize a carga de memória do usuário, permitindo o uso de atalhos para locais importantes (por exemplo, casa, pesquisas anteriores, endereços da agenda de contatos). Apoie o uso de POIs. Ofereça acesso fácil a informações adicionais (metadados, links, conteúdo gerado pelo usuário).
Permitir multitarefa e interrupções.	Permita que o usuário tenha controle do aplicativo de mapa quando ocorrerem interrupções (do dispositivo móvel: telefonema, mensagens, notificações etc. ou do ambiente concreto: tráfego, pausa no café, mau tempo etc.). Permitir multitarefa e facilitar o retorno ao último estado do aplicativo de mapa após o uso de outros aplicativos.
Prefira soluções de design gráfico e funcional comumente usadas.	Use soluções de design conhecidas na interface do usuário se você não tiver uma nova solução que seja fortemente comprovada como intuitiva. Seja consistente com o uso de gestos de interação (por exemplo, zoom e panorâmica), controles, funções, elementos da interface do usuário e recursos do mapa em diferentes partes do aplicativo. Use símbolos de mapa claros, intuitivos e comumente conhecidos (por exemplo, setas para obter direções, classe de ampliação para pesquisa e mais e menos para zoom).
Use terminologia compreensível de forma consistente.	Evite o uso de terminologia especial. Certifique-se de usar as mesmas palavras com os mesmos significados em diferentes partes do aplicativo. Use o idioma preferido do usuário.
Evite erros e recupere-os.	Torne o aplicativo de mapa livre de erros. Se ainda ocorrerem erros, certifique-se de oferecer a possibilidade de se recuperar deles facilmente.
Reconheça os erros e informe-os claramente.	Quando ocorrem erros, as mensagens de erro devem ser expressas em linguagem simples (códigos de erro somente atrás de um link), indicar com precisão o problema e sugerir construtivamente uma solução. Indique claramente também os motivos pelos quais os locais pesquisados não foram encontrados.

Ofereça flexibilidade, adaptabilidade e escalabilidade.	O aplicativo deve interagir com o usuário, fornecendo feedback informativo dentro de um prazo razoável. O aplicativo precisa se adaptar a diferentes casos de uso (por exemplo, navegação de pedestres na floresta, direção). Verifique se a interface do usuário é escalável para diferentes tamanhos de tela. Permita que o usuário ajuste as opções de economia de energia para prolongar a vida útil da bateria do dispositivo.
Siga o design visual equilibrado e simplista.	Use um contraste claro entre elementos visuais, layout balanceado e cores informativas (mapa: florestas como verde etc., interface do usuário: alarmes como vermelho). Elementos visuais devem orientar os usuários a olhar para elementos importantes. Evite confusão visual.
Ofereça ajuda.	Mesmo que seja melhor se o sistema puder ser usado sem documentação, é necessário fornecer ajuda e documentação. Forneça orientação rápida focada na tarefa do usuário e documentação mais detalhada com funções de pesquisa. Preste atenção à compreensibilidade da ajuda.

FONTE: adaptado da (KUPARINEN *et al.*, 2016).

As heurísticas apresentadas no QUADRO 6 foram adequadas para a avaliação de mapas acessados em dispositivos móveis. Porém Kuparinen *et al.* (2016), recomenda que as novas heurísticas de usabilidade validadas e estendidas devem ser amplamente utilizadas no desenvolvimento de mapas móveis. Assim, são necessárias mais pesquisas gerais sobre usabilidade para desenvolver ainda mais a experiência do usuário de WEBGIS com os casos de uso.

Por meio da leitura de trabalhos relacionados, foram observadas heurísticas apresentadas nos QUADROS (2, 3, 4 e 5) que apresentam a possibilidade de serem adaptáveis em diferentes dispositivos eletrônicos. Perguntas como: “É possível ampliar o mapa pela seleção interativa de uma região do mapa com o *mouse*?” ou “A visualização antes da impressão está disponível?” não são genéricas ficando limitadas somente a interfaces *desktop* por outro lado perguntas como: “Existe um ícone para exibir a extensão total de um mapa?” ou “O campo do mapa ocupa a maior parte da interface?” São questões mais abrangentes, possibilitando a avaliação em interfaces com características variadas, possibilitando realizar a migração entre *frameworks* de plataforma *desktop* para dispositivos móveis.

2.4 ERGONOMIA APLICADA EM DISPOSITIVOS MÓVEIS

Complementar às avaliações de usabilidade, quando se utilizam dispositivos móveis se faz necessária a avaliação ergonômica do sistema. A ergonomia ajuda a projetar e organizar locais de trabalho, produtos e sistemas para que eles se ajustem às pessoas que os usam, integrando inúmeras áreas da ciência para desenvolver técnicas e metodologias práticas, auxiliando no ajuste dos sistemas de comunicação visual, para que ocorra uma boa IHC (BRITO, 2013). A ergonomia estabelece em um conjunto de conhecimentos científicos

relacionados ao homem que são necessários para conceber instrumentos, máquinas e dispositivos que devem ser usados com o máximo de conforto, segurança e eficácia por seus usuários (BARROS, 2003).

Os dispositivos móveis e suas aplicações têm se tornado um importante meio de acesso de informações. Cada vez com maior peso, a utilização dessas tecnologias, está se tornando parte indispensável da vida das pessoas (D'ARC *et al.*, 2018). Um dispositivo móvel atualmente é portátil, pessoal, está em posse do indivíduo a maioria das horas, é fácil e rápido de usar e possui algum tipo de conexão com a internet (WILMER *et al.*, 2017). Com estas características os dispositivos móveis passaram a ser ferramentas indispensáveis na vida das pessoas, resultando em aplicativos extremamente populares e práticos de serem utilizados (WANG *et al.*, 2016).

Em alguns casos as análises ergonômicas aplicadas nos dispositivos móveis são pautadas por conceitos voltados em aplicações específicas de interfaces *desktop* (SALGADO e FREIRE, 2014). Este fato pode indicar um problema, uma vez que as características que envolvem a ergonomia de dispositivos *desktops* são distintas das apresentadas em dispositivos móveis, como um *smartphone* por exemplo, que são utilizados em diversos ambientes, tanto *outdoor* como *indoor* (HOEHLE e VENKATESH, 2015).

O desenvolvimento de aplicativos está pautado principalmente no aprimoramento da interface, com aplicações amigáveis, considerando as necessidades dos usuários (AYOBAMI *et al.*, 2012). Devem ser levados em considerações ao planejar o processo de teste em dispositivos móveis:

- Os testes de interfaces cartográficas em dispositivos móveis diferem dos testes em interfaces em *desktop*.
- A variedade de telas de dispositivos móveis, suas extensões e cores.
- Iluminação do ambiente, se for *indoor* ou externo, afeta a percepção dos objetos e feições cartográficas;
- O público que vai utilizar a interface cartográfica móvel, se possui alguma afinidade com mapas, e qual grau de afinidade;
- Ampliação e redução da escala e orientação espacial;
- Comparação de simbologias;
- Postura, ambientação e fadiga durante o uso;
- Grau de satisfação geral com a interface usada;
- Sugestões de mudança a serem efetuadas.

Outra questão a ser considerada é que os processos cognitivos que surgem durante o processo de leitura e interpretação das informações contidas em mapas, possibilitam ao usuário reconhecer aspectos genéricos do mapa que sejam familiares, concentrando-se na leitura e interpretação eficaz do produto cartográfico em detalhes (FALCHETTA, 2006). Para a interface de dispositivos móveis as avaliações podem ser conduzidas em campo ou laboratório dependendo das questões que precisam ser investigadas e de quão completo o produto estará no momento dos testes. A escolha de medidas e das tarefas para serem realizadas nos testes terão relação com o ciclo de projeto e o que a interface possibilita fazer até o momento das realizações das avaliações ergonômicas para conceber a interface desejada dentro do contexto (usuário, tarefa, equipamento e ambiente) no qual o sistema está sendo utilizado (LOWE *et al.*, 2019).

Os procedimentos de avaliação da ergonomia, geralmente são realizados seguindo algumas características importantes como a otimização e tamanho da área reservada para o mapa, tamanho da área da tela reservada para a barra de ferramentas e botões, quantidade de barras de ferramentas, organização e agrupamento de ferramentas, *feedback* de ações, flexibilidade na entrada de dados, quantidade de opções para se chegar a uma funcionalidade (FALAT e DELAZARI, 2010).

Segundo (BASTIEN E SCAPIN, 1993; CYBIS *et al.*, 2007; FALAT E DELAZARI 2010; DEVILLA E HENNRICH, 2017; BENMOUSS *et al.*, 2019), o conjunto de critérios apresentados a seguir é considerado uma definição lógica seguindo como exemplos de orientações, ao que se refere aos meios disponíveis para aconselhar, informar, instruir e orientar os usuários ao longo das suas interações com a interface do mapa web Bastien e Scapin (1993), propõem os critérios e subcritérios de avaliação dos aspectos ergonômicos dos mapas web.

a) Condução: É uma forma de orientar e conduzir o usuário no seu processo de interação com o mapa web, que pode ser através de mensagens, alarmes, rótulos, etc. Quatro subcritérios participam da condução: a presteza, o agrupamento /distinção entre itens, o *feedback* imediato e a legibilidade.

I. Presteza: condiz a meios disponíveis para conduzir o usuário a realizar determinadas ações, como entrada de dados;

II. Agrupamento / distinção de itens: é referente a organização visual de itens de informação, relacionados uns com os outros de alguma maneira, levando em conta a topologia;

III. *Feedback* Imediato: Está relacionado a respostas do sistema às ações do usuário. Tais entradas podem ir de um simples pressionar de uma tecla até uma lista de comandos

complexos. Em todos os casos, as respostas devem ser rápidas. De todo modo, uma resposta rápida deve ser fornecida com informações sobre a transação solicitada e seu resultado.

IV. Legibilidade: Condiz com às características lexicais das informações apresentadas na tela que possam dificultar ou facilitar a leitura dessa informação (brilho do caractere, contraste letra/fundo, tamanho da fonte, espaçamento entre palavras, espaçamento entre linhas, espaçamento de parágrafos, comprimento da linha, etc.). Por definição, o critério Legibilidade não abrange mensagens de erro ou de *feedback*.

b) Carga de Trabalho: É atribuída a todos os elementos da interface que possuem um protagonismo relevante na redução da carga cognitiva e perceptiva do usuário e no aumento da eficiência do diálogo. O critério Carga de Trabalho está subdividido em dois critérios: Brevidade (que inclui Concisão e Ações Mínimas) e Densidade Informacional.

I. Brevidade: Refere-se à carga de trabalho perceptiva e cognitiva, tanto para entradas e saídas individuais, quanto para conjuntos de entradas (isto é, conjuntos de ações necessárias para se alcançar uma meta). Objetiva limitar a carga de trabalho de leitura e entradas e o número de passos. Subdivide-se em duas: concisão e ações mínimas.

i. Concisão: Associado à carga perceptiva e cognitiva de saídas e entradas individuais, excluindo-se mensagens de erro e de *feedback*.

ii. Ações Mínimas: Diz respeito à carga de trabalho em relação ao número de ações necessárias à realização de uma tarefa. Trata-se de uma questão de limitar ao máximo o número de passos que o usuário deve empregar para alcançar o seu objetivo.

II. Densidade Informacional: Refere-se à carga de trabalho do usuário de um ponto de vista perceptivo e cognitivo, com relação ao conjunto total de itens de informação apresentados aos usuários, e não a cada elemento ou item individual.

c) Controle Explícito: Corresponde, tanto ao processamento pelo sistema de ações explícitas do usuário, quanto ao controle que os usuários possuem sobre o processamento de suas ações pelo sistema. Subdivide-se em dois critérios: ações explícitas do usuário e controle do usuário.

I. Ações Explícitas do Usuário: Este critério se refere às relações entre o processamento pelo computador e as ações do usuário. Essa relação deve ser explícita, isto é, o computador deve processar somente aquelas ações solicitadas e apenas quando solicitado a fazê-lo.

II. Controle do Usuário: Corresponde ao fato de que os usuários deveriam estar sempre no controle do processamento do sistema (por exemplo, interromper, cancelar, suspender e continuar). Cada ação possível deve ser antecipada e opções apropriadas devem ser oferecidas.

d) Adaptabilidade: É atribuída a sua capacidade de reagir conforme o contexto e conforme as necessidades e preferências do usuário. Seus subcritérios são: a flexibilidade e a consideração da experiência do usuário.

I. Flexibilidade: Corresponde aos meios colocados à disposição do usuário que lhe permitem personalizar a interface, a fim de levar em conta as exigências da tarefa, de suas estratégias ou seus hábitos de trabalho. Ela corresponde também ao número das diferentes maneiras para alcançar um certo objetivo. Trata-se da capacidade da interface de se adaptar às variadas ações do usuário.

II. Consideração da experiência do usuário: Meios implementados que possibilitam que o sistema respeite o nível de experiência do usuário.

e) Gestão de erros: São os mecanismos que permitem evitar ou mitigar a ocorrência de erros e, quando eles ocorrem, que favoreçam sua correção. Os erros são aqui considerados como entrada de dados incorretos, formatos inadequados, entradas de comandos com sintaxes incorretas, etc. Seus subcritérios: proteção contra os erros, à qualidade das mensagens de erro e a correção dos erros.

I. Proteção contra os erros: São os mecanismos empregados para detectar e prevenir os erros de entradas de dados, comandos, possíveis ações de consequências desastrosas.

II. Qualidade das mensagens de erro: Refere-se à pertinência, legibilidade e exatidão da informação dada ao usuário, sobre a natureza do erro cometido (sintaxe, formato, etc.) e sobre as ações a executar para corrigi-lo.

III. Correção dos erros: Meios colocados à disposição do usuário com o objetivo de permitir a correção de seus erros.

f) Homogeneidade/Coerência: É a forma na qual as escolhas na concepção da interface (códigos, denominações, formatos, procedimentos, etc.) são conservadas idênticas, em contextos idênticos, e diferentes, em contextos diferentes.

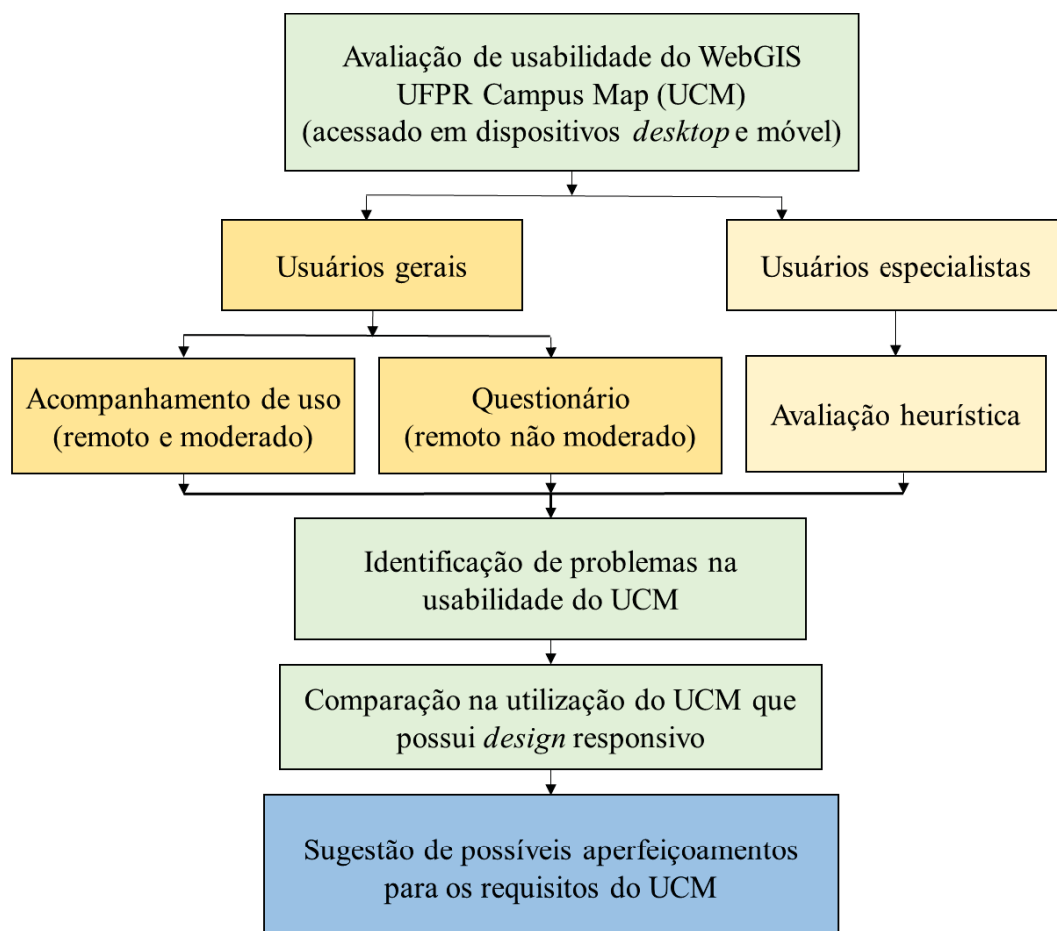
g) Significado dos códigos e denominações: Corresponde a adequação entre o objeto ou a informação apresentada ou pedida e sua referência. Códigos e denominações significativas possuem uma forte relação semântica com seu referente. Termos pouco expressivos para o usuário podem ocasionar problemas de condução, podendo levá-lo a selecionar uma opção errada.

h) Compatibilidade: Este critério refere-se ao acordo que possa existir entre as características do usuário (nível de escolaridade, capacidade de memorização, percepção, hábitos, competências, idade, expectativas, etc.) e as tarefas, de uma parte, e a organização das saídas, das entradas e do diálogo de uma dada aplicação, de outra.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Esta etapa da pesquisa visa descrever a abordagem de coleta e organização de dados, para avaliar a usabilidade dos mapas digitais acessados por meio de diferentes plataformas. Existem diversos testes de usabilidade, que apresentam vantagens e desvantagens. Nesta pesquisa propõe-se uma metodologia utilizando métodos como avaliação Heurística, questionário e acompanhamento de uso inspirado no protocolo *Think Aloud*, visando realizar uma investigação aprofundada da interação dos usuários com a interface do UCM. Em todos os testes, foram apresentados aos voluntários o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) que está no APÊNDICE I, e explicações sobre a execução dos testes e a liberdade de interromper sua participação sem qualquer ônus ao mesmo. Também foi garantido o sigilo em relação aos dados coletados, sejam eles originais de gravações de áudio e vídeo ou dos questionários. Os resultados foram apresentados sempre de forma compilada e generalizada. A (FIGURA 4) ilustra um fluxograma das principais etapas da metodologia do trabalho.

FIGURA 4 – ETAPAS DA PROPOSTA METODOLÓGICA



FONTE: O AUTOR (2021).

O presente capítulo está subdividido em oito seções, correspondendo a (1) Descrição do UCM. (2) Participantes dos testes (3) Heurísticas de usabilidade direcionadas a diferentes contextos tecnológicos (4) Teste de usabilidade acompanhamento de uso (5) Avaliação de usabilidade com questionário remoto (6) Questionários relacionados ao esforço mental, satisfação e *feedback* (7) Avaliação dos aspectos relacionados à ergonomia em dispositivos móveis (8) Tratamento e análise dos dados. Cada etapa engloba os resultados obtidos e a discussão sobre suas causas e consequências para os objetivos desta pesquisa.

3.1 DESCRIÇÃO DO UCM

O projeto para criação do UCM surgiu com o mapeamento do Campus Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná (UFPR), no ano de 2017, propondo-se a oferecer de forma pública uma base de dados atualizada sobre a estrutura dos campi, tanto de seus ambientes *indoor* quanto *outdoor*. Os dados *outdoor* foram coletados por VANT (Veículo Aéreo Não tripulado) utilizando pontos de apoio em campo, que fazem parte da Rede Topográfica da UFPR para permitir a realização da aerotriangulação e posterior restituição estereofotogramétrica. Os dados da base cartográfica foram categorizados a partir das normas desenvolvidas pelo Exército Brasileiro para as Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV) (LIMA, 2020).

Os dados pertencentes aos ambientes *indoors* foram extraídos inicialmente de plantas originais das edificações do *campus*. A maioria das plantas estava em formato AutoCAD (.dwg), sendo necessária uma adequação para um formato interpretado por *softwares* de SIG (.shp). Houve também a necessidade de verificação *in loco* de todas as edificações, realizando-se sua atualização (SAROT, 2015; LIMA, 2020). É um projeto desenvolvido no Centro de Pesquisas Aplicadas em Geoinformação (CEPAG) em conjunto com o Laboratório de Cartografia e SIG da UFPR, com o apoio da Pró-reitora de Administração, da Superintendência de Infraestrutura da UFPR e do Setor de Ciências da Terra.

Optou-se pela utilização de *softwares* livres divididos em dois níveis principais: *Back-End* e *Front-End*. Entende-se por *Back-End* toda parte estrutural da aplicação que é executada remotamente pelo servidor, ficando oculta localmente ao usuário da aplicação. *Front-End* é a estrutura visível ao cliente, o que inclui toda sua interface de visualização e manipulação (LIMA, 2020).

Para construção do Banco de Dados Geoespaciais (BDG) foi utilizado o software PostgreSQL em conjunto com sua extensão espacial, a ferramenta PostGIS. O GeoServer é um

servidor para compartilhar dados geoespaciais a partir dos dados geoespaciais armazenados no BDG, que possibilita a visualização dos dados na interface WebGIS. Foram utilizadas as camadas WMS, e para tal, os arquivos foram gerados utilizando-se o software QGIS, devido à facilidade em seu uso, e inseridos no Geoserver para simbolização de cada camada WMS (PISETTA, 2018). Para a criação de geoserviços de dados raster pelo Geoserver, optou-se pela utilização do método de uso de pirâmides raster, conforme descrito em Lima, Delazari e Camboim (2019), buscando assim diminuir o tráfego de dados (LIMA, 2020). O sistema foi desenvolvido usando o Leaflet que é uma biblioteca JavaScript de código aberto para mapas interativos compatíveis com dispositivos móveis e *desktop*, suportando HTML5 e CSS3 (KOYUNCU e OZDEMIR, 2016).

Segundo Lima (2020), aplicações WebGIS geralmente possuem ferramentas que permitem aos usuários manipular, interagir, analisar, salvar, gerenciar, editar e exibir dados geoespaciais de diferentes fontes. Basicamente, o WebGIS possui uma arquitetura de três camadas.

- Os Clientes do WebGIS são as camadas de apresentação, isto é, a visualização da aplicação, geralmente como mapas ou resultados de análises, sendo interpretadas pelos navegadores web.
- Os servidores WebGIS ocupam a camada lógica, ou intermediária, onde o conteúdo e as funcionalidades da aplicação são determinados.
- Um Sistema de Gerência de Bancos de Dados Geográficos (SGBDG) é responsável por oferecer armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos.

Os requisitos funcionais (RF) e requisitos não funcionais (RNF), de acordo com Lima (2020), estão descritos no QUADRO 6.

QUADRO 6 – LISTA DE REQUISITOS FUNCIONAIS E NÃO FUNCIONAIS

Tipo de requisitos	Descrição
Requisitos não funcionais (RNF)	<ul style="list-style-type: none"> • Adotar como referência as especificações técnicas da ET-EDGV para modelagem do BDG. • Implementar um BDG com os dados da base cartográfica e ambientes <i>indoor</i> disponíveis. • Utilizar padrões de geoserviço nas normas da OGC e INDE. • Fazer uso de software livre. • Ser multiusuário, multiplataforma e multitarefa. • Permitir escalabilidade. • Permitir descentralização de acesso e persistência de dados. • Definição da Simbologia adotada. • Escolha do Sistema de Referência. • Responsividade da interface para dispositivos móveis.
	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar a janela do mapa. • Apresentar a janela de ferramentas disponíveis no sistema.

Requisitos funcionais (RF)	<ul style="list-style-type: none"> ● Controlar o acesso do usuário. ● Apresentar mapa base com conteúdo mínimo. ● Apresentar mapa base com visualização de imagem de satélite; ● Apresentar base cartográfica dos <i>campi</i>. ● Apresentar mapas de ambientes <i>indoor</i>. ● Permitir escolha de mapas bases de visualização. ● Permitir a escolha de ambientes <i>indoor</i> por andar. ● Disponibilizar ferramentas de manipulação do mapa: i) Aproximar; ii) Afastar; iii) Aproximar para área; e iv) Extensão total. ● Disponibilizar ferramentas de consultas dos atributos dos nomes do edifício e ambiente <i>indoor</i> no mapa. ● Mostrar atributos de elementos do mapa. ● Permitir a criação de rotas a partir de localização de elementos no mapa. ● Ligar e desligar elementos do mapa. ● Mensagens de alertas ao usuário indicando erros e suas possíveis soluções. ● Trocar camadas de visualização no mapa. ● Gerenciar usuários: i) Cadastrar usuário; ii) Registrar usuário cadastrado.
----------------------------	--

FONTE: adaptado de (LIMA, 2020).

Utilizando como princípio norteador a pesquisa de Lima (2020), que realizou a classificação dos RF e RNF em sua pesquisa, que estão descritos no QUADRO 6. No presente trabalho foram selecionados alguns requisitos, expressos no QUADRO 7, avaliados com a aplicação dos testes de usabilidade, para compreender se os mesmos continuam vigentes ou necessitam ser aprimorados quando a interface é acessada por diferentes dispositivos.

QUADRO 7 – REQUISITOS QUE FORAM TESTADOS

Tipo de requisitos	Descrição
Requisitos não funcionais (RNF)	<ul style="list-style-type: none"> ● Ser multiusuário, multiplataforma e multitarefa. ● Responsividade da interface para dispositivos móveis.
Requisitos funcionais (RF)	<ul style="list-style-type: none"> ● Apresentar a janela do mapa. ● Apresentar a janela de ferramentas disponíveis no sistema. ● Apresentar mapa base com conteúdo mínimo. ● Apresentar base cartográfica dos <i>campi</i>. ● Apresentar mapas de ambientes <i>indoor</i>. ● Permitir escolha de mapas bases de visualização. ● Disponibilizar ferramentas de manipulação do mapa: i) Aproximar; ii) Afastar; iii) Aproximar para área; e iv) Extensão total. ● Disponibilizar ferramentas de consultas dos atributos dos nomes do edifício e ambiente <i>indoor</i> no mapa. ● Mostrar atributos de elementos do mapa. ● Permitir a criação de rotas a partir de localização de elementos no mapa. ● Ligar e desligar elementos do mapa. ● Mensagens de alertas ao usuário indicando erros e suas possíveis soluções. ● Trocar camadas de visualização no mapa. ● Gerenciar usuários: i) Cadastrar usuário; ii) Registrar usuário cadastrado.

FONTE: O AUTOR (2021).

A validação dos requisitos expostos no QUADRO 7 foi realizada empregando técnicas de usabilidade. Porém é salientado por Schon et al. (2017), que existem lacunas entre a Engenharia de usabilidade e a prática de Engenharia de requisitos. Portanto o presente trabalho empregou testes de usabilidade com as seguintes premissas (CARLSHAMRE, 2001):

- Abordagens baseadas no usuário, onde o sistema é avaliado durante o uso: Foi por meio da utilização do método e questionário e do acompanhamento de uso inspirado no protocolo *Think aloud*.
- Abordagens teóricas, que são baseadas na aplicação de modelos formais de desempenho de tarefas: Carga de trabalho NASA-TLX, Análise de variância ANOVA e questionário de satisfação e *feedbacks*.
- Abordagens baseadas em especialistas: Avaliação heurística.

3.2 PARTICIPANTES DOS TESTES

O grupo de usuários que se voluntariou para realizar os testes foram alunos, professores e demais profissionais da UFPR que transitam pelo campus com frequência, assim como pessoas que não conhecem os *campi* da UFPR. As técnicas utilizadas para recrutar os candidatos foram por redes sociais como correio eletrônico sendo que, no conteúdo das mensagens encaminhadas, foi realizado um esclarecimento breve sobre a pesquisa. Ao mostrar interesse pelo teste, foi combinado um dia e horário de maior disponibilidade para realização dos testes que foram aplicados de forma totalmente remota.

Para participar da pesquisa era necessário que os voluntários tivessem conhecimento de mapas distribuídos pela internet e uso de *smartphones* ou computadores. Não foram feitas restrições quanto a gênero, raça ou credo, somente a faixa etária, que deveria ser de no mínimo 18 anos e sem idade máxima. O projeto foi devidamente registrado no Conselho Nacional de Ética em Pesquisa sob número 30755920.0.0000.0102.

A determinação do número mínimo de participantes foi influenciada pelo grau de confiança que se desejou atingir, pela quantidade de recursos disponíveis para estabelecer e conduzir os testes (KOVACIC e GREEN 2012). Como o propósito foi identificar problemas na usabilidade dos mapas web, de acordo com Nielsen (1993), a partir de cinco participantes já é possível constatar a maioria dos problemas de usabilidade, este número de participantes possibilita identificar em torno de 80% das falhas de uma interface. Para validar resultados estatísticos, foi necessária uma quantidade de participantes a fim de conduzir às análises apropriadas e generalização de uma população específica. A decisão sobre o tamanho da

amostra, foi relacionada a equação apresentada por Witte e Witte (2005), e utilizada na pesquisa de (SCHMIDT, 2012).

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 \cdot p \cdot q}{E^2} \quad (1)$$

onde:

n = número de usuários na amostra;

$Z_{\alpha/2}^2$ = grau de confiança, neste caso o valor crítico é 1,96 para 0,05;

p = Proporção populacional de indivíduos do grupo experimental;

q = Proporção populacional de indivíduos do grupo de controle;

E = Erro Máximo da Estimativa.

Adotando $p=0,5$, $q=0,1$ é definido como 5% para ter relação com o grau de significância de 95%, chegou-se a uma amostra de 44 voluntários, no mínimo.

O grupo amostral foi dividido em dois grupos. Um primeiro com uso exclusivo da plataforma *desktop* e outro com uso exclusivo da versão para dispositivos móveis, mas todos realizaram teste denominado questionário e acompanhamento de uso. E alguns especialistas voluntários realizaram a inspeção da interface por meio da Avaliação heurística selecionada.

3.3 HEURÍSTICAS DE USABILIDADE DIRECIONADAS A DIFERENTES CONTEXTOS TECNOLÓGICOS

Com a avaliação heurística pretende-se encontrar determinados problemas na interface do UCM, partindo da hipótese que os especialistas por terem maior experiência na elaboração e utilização dos mapas, contribuirão com intuito de encontrar problemas de usabilidade que possam inclusive não serem percebidos pelos usuários comuns, desta forma auxiliando nos aperfeiçoamentos dos requisitos do sistema. Foi realizada a avaliação heurística por 6 especialistas. As heurísticas utilizadas no teste são oriundas de pesquisas científicas empíricas (KOMARKOVA *et al.*, 2011; KUPARINEN *et al.*, 2013; WANGENHEIM *et al.*, 2013; KOMARKOVA *et al.*, 2017; KARAMPANAH, 2019; KOMARKOVA *et al.*, 2019; HARLEY *et al.*, 2019; BARTLING *et al.*, 2019). Foi realizada uma seleção de heurísticas que podem ser empregadas na avaliação de usabilidade de sistemas que são acessados em plataformas *desktop* e móveis, apresentada no QUADRO 8.

QUADRO 8 – HEURÍSTICAS USADAS NA AVALIAÇÃO DO UCM

Pergunta para o usuário:	Heurísticas:	Adaptado de:
Entre no aplicativo e navegue até o mapa	É possível acessar o mapa?	(BARTLING <i>et al.</i> , 2019; KOMARKOVA <i>et al.</i> , 2019).
Ative as da camada de dados: “Outdoor, Indoor” e “Ortofotos”	É possível ativar as camadas disponíveis no mapa?	(KOMARKOVA <i>et al.</i> , 2017; KOMARKOVA <i>et al.</i> , 2019; BARTLING <i>et al.</i> , 2019)
Identificar e localizar feições, ampliação e redução de escala e ferramenta “zoom”	É possível ampliar o zoom do mapa?	(KOMARKOVA <i>et al.</i> , 2017; KOMARKOVA <i>et al.</i> , 2019)
	É possível reduzir o zoom do mapa?	
	É possível mover o mapa com o <i>mouse</i> , setas, teclado ou dedos?	
Encontre qualquer ponto de interesse dentro do contexto da UFPR pela ferramenta de pesquisa “Buscas”	A pesquisa de pontos de interesse é possível?	(KOMARKOVA <i>et al.</i> , 2011; KUPARINEN <i>et al.</i> , 2013; BARTLING <i>et al.</i> , 2019; KOMARKOVA <i>et al.</i> , 2019;)
	A função de preenchimento automático está disponível quando a consulta é inserida?	
	É possível limpar o resultado da pesquisa?	
Escolha um ponto qualquer e descubra as coordenadas	É possível descobrir as coordenadas de um ponto qualquer?	(KOMARKOVA <i>et al.</i> , 2019)
Defina uma escala	A barra de escala gráfica está bem visível?	(KOMARKOVA <i>et al.</i> , 2019)
Encontre a rota entre dois pontos utilizando a ferramenta de pesquisa “Rotas”	A pesquisa de rota é possível?	(KOMARKOVA <i>et al.</i> , 2019; KUPARINEN <i>et al.</i> , 2013)
Meça a distância entre dois pontos	É possível medir a distância direta entre pontos?	(KUPARINEN <i>et al.</i> , 2016; KOMARKOVA <i>et al.</i> , 2017; KOMARKOVA <i>et al.</i> , 2019)
Meça uma área qualquer	É possível medir a área?	(KUPARINEN <i>et al.</i> , 2016; KOMARKOVA <i>et al.</i> , 2017)
Realize login e faça download de dados	É possível realizar login?	(KUPARINEN <i>et al.</i> , 2013; KUPARINEN <i>et al.</i> , 2016; KOMARKOVA <i>et al.</i> , 2017; KOMARKOVA <i>et al.</i> , 2019)
	É possível realizar download de dados?	
	Os dados estão atualizados?	
Consulte a ajuda sobre descrição e o uso das ferramentas do mapa	É possível consultar a ajuda para o mapa?	(KUPARINEN <i>et al.</i> , 2013; KUPARINEN <i>et al.</i> , 2016; KOMARKOVA <i>et al.</i> , 2019)
	Estão disponíveis dicas de ferramentas para ícones?	
Observe com atenção os elementos textuais do mapa	As palavras estão gramaticalmente corretas?	(KOMARKOVA <i>et al.</i> , 2011)
	O tamanho da fonte é adequado para que os textos sejam legíveis?	(KOMARKOVA <i>et al.</i> , 2019)
Visibilidade do status do sistema	Os componentes interativos selecionados são claramente distintos dos demais?	(WANGENHEIM <i>et al.</i> , 2013)
	As mensagens de status do UCM possuem uma linguagem clara e concisa?	
	Para cada ação do usuário o UCM oferece feedback imediato e adequado sobre seu status?	

Correspondência entre o sistema e o mundo real	O significado de símbolos e ícones é compreensível e intuitivo?
	As informações são dispostas em uma ordem lógica e natural?
Controle e liberdade do usuário	O usuário pode cancelar uma ação em progresso?
	O UCM deixa claro qual o próximo passo para realizar a tarefa?
Consistência e padrões	As informações textuais são apresentadas de forma padronizada?
	Os campos onde existe a necessidade de inserção de dados são evidentes?
Flexibilidade e eficiência de uso	O UCM funciona corretamente, sem apresentar problemas durante a interação?
	Os menus e funcionalidades são acessíveis?
Estética e design	O menu é esteticamente simples e claro?
	Os títulos da tela, rótulos e botões são curtos?
Legibilidade e layout	O tamanho da fonte é adequado para que os textos sejam legíveis?
	Os ícones possuem contraste suficiente em relação ao plano de fundo?
	O UCM realça conteúdos mais importantes, deixando-os maiores, mais brilhosos ou em negrito?
Interação física e ergonomia	O UCM possui botões com tamanho adequado ao clique?
	A navegação principal encontra-se na posição padrão dos aplicativos para esta plataforma?
	Os botões e controles podem ser facilmente acessados com qualquer uma das mãos?

FONTE: O AUTOR (2021).

As heurísticas foram definidas com base nos requisitos do UCM que foram selecionados para serem avaliados, apresentados no QUADRO 7, levando em consideração a necessidade de serem questões adaptáveis a quaisquer interfaces de plataformas *desktop* e móveis com variadas características, forma, tamanho e demais componentes de hardware. As sessões de avaliação foram agendadas individualmente com cada especialista utilizando o e-mail como meio de comunicação, no qual foi enviado um link contendo um questionário com as heurísticas. Os usuários especialistas realizaram as avaliações nas duas plataformas (*desktop* e móvel) de acordo com a lista de heurísticas selecionadas QUADRO 8.

O acesso ao UCM foi realizado por meio da utilização de diferentes plataformas, em decorrência do sistema ter sido desenvolvido com um caráter multiplataforma, implementado

com a utilização da técnica de programação denominada *design* responsivo, que visa facilitar a visualização e a leitura dos elementos contidos no mapa de forma que melhor se adaptem às dimensões das telas dos dispositivos, preservando a visibilidade e garantindo a compreensão das informações contidas no mapa digital.

3.4 TESTE DE USABILIDADE “ACOMPANHAMENTO DE USO”

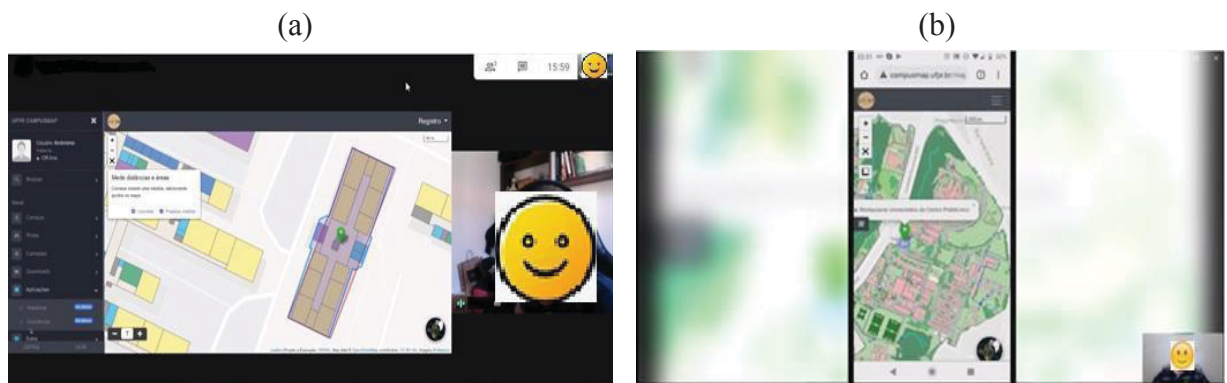
A realização do teste foi planejada e executada a partir da hipótese de que com a realização das videochamadas, seria possível obter gravações das interações dos participantes executando ações com a interface, expressando em voz alta seus pensamentos e sentimentos. Com isto foi possível a coleta de *insights* sobre problemas existentes de interação nos dispositivos de acesso e suas possíveis soluções. A adaptação necessária foi a de moderar o teste, sendo papel do pesquisador atribuir tarefas e realizar algumas perguntas durante o procedimento em momentos de silêncio profundo dos participantes do teste.

Para realizar o acompanhamento de uso, aplicado de forma remota, foram definidos os tempos de duração das sessões de teste, por isso foi estimado a disponibilidade entre quinze minutos à meia hora para a realização das atividades. A aplicação dos questionários foi feita após a realização das tarefas e parte após a realização dos testes, contendo perguntas abertas e fechadas. Para realizar a aplicação do acompanhamento de uso, foi feita uma exposição das funcionalidades prévias, possibilitando ao usuário obter um nivelamento básico de conhecimento. Os questionários foram organizados de forma impessoal, com identificação dos participantes por números sequenciais de acordo com a ordem de apresentação espontânea dos mesmos. A caracterização dos voluntários considerou a experiência na plataforma analisada, grau de educação formal, frequência de uso de mapas e qual dispositivo estava portando para realizar o teste.

O acompanhamento de uso se caracterizou pela gravação das reações verbais do participante durante o uso da interface do sistema. Essas gravações permitiram que o pesquisador obtivesse a percepção das impressões dos usuários além das palavras que eles expressaram no momento de uso da interface. Por exemplo, se a pessoa perguntasse em voz alta “onde eu clico agora?”, isso indica que existia problemas de interação. Dado a dificuldade e o volume de informações coletadas neste tipo de teste, geralmente são utilizados grupos menores para validação dos resultados.

Os usuários foram orientados a executar tarefas, elaboradas de forma a cobrir as possibilidades básicas e comuns no uso do UCM, apresentadas dentro do contexto de um cenário específico de utilização “real”, a fim de aumentar a interação do usuário participante. Isto permitiu a realização dos testes de usabilidade em *home office*, realizando testes de usabilidades moderados no modo remotos, onde o moderador pode realizar trocas de informações verbais com os participantes que realizaram tarefas em seus dispositivos *desktop* e móveis, possibilitando a coleta de *feedback*, enquanto o comportamento eletrônico dos usuários foi registrado remotamente, pelo moderador. A (FIGURA 5 – (a)) apresenta a interface atual da versão *desktop* do UCM.

FIGURA 5 – VISUALIZAÇÃO DA TELA DO VOLUNTÁRIO DURANTE O ACOMPANHAMENTO DE USO. DISPOSITIVO *DESKTOP* IMAGEM (a) E DISPOSITIVO MÓVEL (b)



FONTE: O AUTOR (2021).

A avaliação de usabilidade na interface UCM em dispositivos móveis foi realizada utilizando as mesmas tarefas da interface *desktop* acrescidos da avaliação de aspectos pontuais de ergonomia descritas como “Métricas de usabilidade que foram avaliadas na interface móvel”. A (FIGURA 5 - (b)) apresenta a interface UCM sendo avaliada em dispositivo móvel.

Essa pesquisa foi realizada com alunos, professores e demais profissionais da UFPR que transitam pelo campus com frequência e outros potenciais usuários do UCM que não conhecem os *campi* da UFPR. Os voluntários foram contactados por redes sociais, no qual foram investidos esforços em ações e estratégias de comunicação para realizar o recrutamento dos voluntários utilizando as mídias sociais *WhatsApp*, *Facebook* e *E-mail*, para atrair candidatos que se mostrassem interessados na possibilidade de colaborar com a pesquisa. Foi realizado contato com os participantes em potencial com antecedência, e com o máximo de pessoas possíveis, levando-se em consideração fatores como imprevistos ou problemas de natureza

técnica. Após o recrutamento do participante foi marcada a data e horário da entrevista, de acordo com a disponibilidade do participante.

As entrevistas transcorreram de forma totalmente remota utilizando programas de videoconferência que possibilitaram o compartilhamento de tela como o *Skype* ou *Google Meet*, de acordo com a preferência do participante. A gravação da tela do computador do moderador em tempo real foi realizada utilizando o *software* oCam. O QUADRO 9 contém as especificações técnicas do *software* e do *hardware* utilizado para aplicar o acompanhamento de uso.

QUADRO 9 – DETALHES DE *SOFTWARE* E *HARDWARE* UTILIZADOS.

<i>HARDWARE</i>	
Notebook	Marca: Acer, modelo:A515-51G-C97B
Processador	8° geração Intel Core i5-8250U de 1.6 GHz - 3.4 GHz
Memória RAM	8GB
Tela	15.6 polegadas
<i>SOFTWARE</i>	
oCam	Desenvolvedor: Ohsoft
Versão	v515.0
Licença	Gratuito
Grava	Áudio e vídeo
<i>Frames per second</i> (FPS)	30

FONTE: O AUTOR (2021).

Para evitar problemas durante a aplicação das entrevistas, sempre foi testado previamente o programa de videoconferência, *software* de gravação da tela, câmera, microfone e alto-falantes, visando confirmar o pleno funcionamento. Também foi ajustada a luz do ambiente e enquadramento da tela para gravação total, o brilho da tela do dispositivo foi ajustado ao máximo visando a qualidade da gravação. Ao iniciar a videoconferência o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foi apresentado para todos os participantes e sugerido a leitura e explicação em conjunto, sendo enfatizado os limites e propósitos da avaliação de usabilidade. Então era encaminhado para o participante um *link* de acesso a uma lista de tarefas TABELA 2 disponibilizadas no *Google Forms*. O teste foi composto por cinco tarefas elaboradas e formatadas com a estrutura de narrativas que se assemelham a tarefas

cotidianas de uso de mapas, as tarefas cobriam as principais funcionalidades da interface foram aplicadas nos dispositivos móveis e *desktop*.

A aplicação do acompanhamento de uso foi iniciada com a explicação das etapas dos testes. Em seguida, o participante iniciava o compartilhamento da tela com o moderador e autorizava a gravação de suas interações com a interface do UCM, o dispositivo para realizar o teste foi escolhido pelo participante, podendo ser o *desktop* ou móvel. As gravações, realizadas na plataforma de videoconferência, permitiram que o pesquisador obtivesse dados a partir da utilização da interface pelos voluntários, permitindo extrair percepções acerca das funcionalidades da interface, a partir das impressões verbais dos usuários.

Após o encerramento do acompanhamento de uso foi solicitado o preenchimento do formulário pelo participante, com questões relacionada a “Caracterização do usuário”, “Avaliações dos aspectos ergonômicos em dispositivos móveis”, “NASA *Task Load Index* (TLX)” (HART e STAVELAND, 1988). O teste NASA-TLX aplicado no acompanhamento de uso além de avaliar unicamente as interações dos usuários com o UCM, foi influenciado pelo esforço de fala ao transmitir dados e o desconforto que pode ter sido ocasionado pela gravação do áudio e vídeo. As questões apresentadas na QUADRO 10 foram adaptadas para acessos nos dispositivos móveis de acordo com pré-testes realizados.

QUADRO 10 – CENÁRIOS ELABORADAS PARA APLICAÇÃO DO ACOMPANHAMENTO DE USO

Tarefas	
1	Utilizando o WebGIS UFPR Campus Map endereço: http://www.campusmap.ufpr.br/ . Supostamente você possui a necessidade de mostrar para um amigo seu que não conhece o campus da UFPR Centro Politécnico, a localização do "Restaurante Universitário do Centro Politécnico".
2	Utilizando o WebGIS UFPR Campus Map, endereço: http://www.campusmap.ufpr.br/ , supondo que você e um amigo seu estão no "Laboratório de Cartografia" e decidam ir para o "Auditório Leo Grossman" pelo menor caminho disponível traçando uma rota, bem como alterando os pavimentos da camada Indoor para visualizar com clareza os ambientes internos dos prédios.
3	Utilizando o WebGIS UFPR Campus Map, endereço: http://www.campusmap.ufpr.br/ , supondo que você e um amigo seu estão no "Laboratório de Cartografia" e decidam ir para o "Auditório Leo Grossman" pelo menor caminho disponível traçando uma rota, bem como alterando os pavimentos da camada Indoor.
4	Utilizando o WebGIS UFPR Campus Map, endereço: http://www.campusmap.ufpr.br/ , supostamente você está curioso quanto a

	localização e dimensões do "Edifício Camil Gemael – CT", decide descobrir a área em metros quadrados que o prédio ocupa no Centro Politécnico, para tal você vai: - Fixar a escala gráfica em um valor próximo a 10m. - Medir a área aproximada que o prédio está ocupando.
5	Utilizando o WebGIS UFPR Campus Map, endereço: http://www.campusmap.ufpr.br/ , supondo que você precisa realizar o download de dados vetoriais na escala 1:1000, arquivo denominado "2017_CCJA_DadosVetoriais.zip". - Utilize o Email: (campusmap2020@gmail.com) e senha (ucm2020).

FONTE: O AUTOR (2021).

A realização das tarefas possibilitou a obtenção de resultados verificando as funcionalidades do UCM, porém dependendo da experiência do participante em utilizar mapas bem como as soluções adotadas para resolver os desafios, ocasionalmente poderão não ser respondidas todas as funcionalidades descritas nas sequências das tarefas.

Durante a aplicação do acompanhamento de uso, foram testadas as funcionalidades TABELA 1 por meio da atribuição de “Sim” quando os participantes conseguiram utilizar determinada funcionalidade, completando as tarefas ou ao serem indagados sobre a maneira que estava dispostas as ferramentas, se encontrassem erros ortográficos ou entendessem as representações gráficas. Caso contrário foi atribuído não quando ocorria em torno de três tentativas frustradas na solução das tarefas, bem como se os participantes tivessem dúvidas e pedissem ajuda, apesar dos participantes terem sido orientados a realizar tarefas de forma autônoma.

TABELA 1 – LISTA DE FUNCIONALIDADES AVALIADAS COM A EXECUÇÃO DO ACOMPANHAMENTO DE USO

Funcionalidades	
1.	Acesso ao mapa
2.	Movimentar o mapa com o <i>mouse</i> , setas, teclas ou dedos
3.	Ao acessar o mapa é bom o menu ficar aparente
4.	Pesquisa de pontos de interesse é possível
5.	Funcionamento da função de preenchimento automático
6.	Realização de limpeza dos resultados da pesquisa
7.	Pesquisa de rota é possível
8.	Entendimento das cores relacionadas a rota
9.	Entendimento do ícone o marcador da rota
10.	Ativação de camadas e mudanças de pavimentos

11.	Medir distâncias e áreas
12.	A escrita correta das palavras nas ferramentas e menus
13.	Tamanho da fonte para que os textos sejam legíveis
14.	Visibilidade da escala
15.	Utilização do menu Registro
16.	Realização de <i>login</i>
17.	Download de dados
18.	Utilização do botão de zoom no canto superior esquerdo
19.	Utilização do botão de <i>Fullscreen</i> no canto superior esquerdo

FONTE: O AUTOR (2021).

A TABELA 1 descreve como foi realizada a avaliação de usabilidade com o acompanhamento de uso da interface *desktop* e móvel, que foram centralizados principalmente nas ferramentas de operação, visando contemplar as métricas de usabilidade TABELA 2. A avaliação de usabilidade nas interfaces UCM versão (*desktop* e móvel) foi registrada por videoconferência, os voluntários realizaram as tarefas de uso da plataforma, que correspondem a “boas práticas” ou “Funcionalidades” de utilização de ferramenta disponíveis, após obtenção das respostas dos questionários relacionado a realização das tarefas, foi analisado a gravação das vídeo chamadas, a fim de se obter respostas para as funcionalidades testadas. A TABELA 2 descreve quais foram as métricas de usabilidade utilizadas na avaliação.

TABELA 2 – MÉTRICAS DE USABILIDADE QUE FORAM AVALIADAS NA INTERFACE *DESKTOP* E MÓVEL

Métricas	
1.	Comandos ou outras funcionalidades que foram usados pelo usuário.
2.	Usuários que cometem equívocos ao utilizar as funcionalidades do UCM.
3.	Usuários que completaram uma tarefa com sucesso.

FONTE: O AUTOR (2021).

3.5 AVALIAÇÃO DE USABILIDADE COM QUESTIONÁRIO REMOTO

Com a realização da avaliação empregando questionário remoto pretende-se encontrar determinados problemas na interface, colaborando com os demais testes aplicados de forma a complementar a avaliação de usabilidade devido ao fato de o questionário remoto não ser moderado. O objetivo pretendido com aplicação do questionário remoto foi coletar resultados que auxiliem a propor aperfeiçoamentos para os requisitos do UCM.

Os voluntários foram contactados por redes sociais no qual foi encaminhado um *link* de acesso a uma lista de tarefas expostas na TABELA 3, disponibilizadas no *Google Forms*. O teste foi composto por 20 tarefas elaboradas e formatadas em estrutura de narrativas que se assemelham a tarefas cotidianas de uso de mapas as tarefas cobriam as principais funcionalidades da interface e foram aplicadas tanto em dispositivos móveis como no *desktop*.

TABELA 3 – TAREFAS ELABORADAS PARA APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

Tarefas	
1	Vamos conhecer o WEBGIS UFPR CampusMap (UCM)? Abra o link (http://www.campusmap.ufpr.br/) e navegue até o mapa. É possível acessar o mapa?
2	Ao interagir com a interface do UCM, você consegue ampliar e reduzir o zoom do mapa? Link do mapa: (http://www.campusmap.ufpr.br/)
3	Defina a escala gráfica para aproximadamente 10m no mapa. A barra de escala gráfica está visível? (http://www.campusmap.ufpr.br/)
4	Um importante professor recebeu uma homenagem da Universidade tendo seu nome atribuído a um dos edificios. Encontre o "Edifício Camil Gemael – CT" dentro do contexto da UFPR pela ferramenta de pesquisa “Buscas”. Você conseguiu realizar a tarefa? (http://www.campusmap.ufpr.br/)
5	Você sabia que o UCM permite a observação de diferentes tipos de informação? Para conhecer mais sobre o “Edifício Camil Gemael – CT” ative a camada "INDOOR". Altere para o 1º andar e conte o número de salas existentes. Você conseguiu realizar a tarefa? (http://www.campusmap.ufpr.br/)
6	Qual o número de salas que você contou no "Edifício Camil Gemael – CT"? (http://www.campusmap.ufpr.br/)
7	Você precisa informar a área do "Edifício Camil Gemael – CT". Foi possível realizar a medição da área? (http://www.campusmap.ufpr.br/)
8	Você precisa explicar a alguém como ir do “Laboratório de Cartografia” até o “Auditório Leo Grossmann” com o UCM. Para isso, utilize a ferramenta “Rotas”. Foi possível traçar a rota? (http://www.campusmap.ufpr.br/)
9	Você compreendeu o significado das cores atribuídas a cada trecho da rota?
10	Na sua opinião, qual o significado que a cor "PRETA" representa na rota?
11	Você precisa ir do “Laboratório de Cartografia” até a “Coordenação de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura”, utilizando a ferramenta “Rotas” Foi possível realizar esta pesquisa de rota? (http://www.campusmap.ufpr.br/)
12	Você tem algum comentário sobre as tarefas relacionadas a rotas? (Ex: funcionamento dos menus, cores, símbolos e inconsistências)
13	Ao acessar e realizar pesquisas em "Buscas" e "Rotas", você limpou os resultados?
14	Quando você acessou o mapa e utilizou as ferramentas de "Buscas" e "Rotas", a função de preenchimento automático o auxiliou quando a consulta foi inserida?

15	Na sua opinião, o menu que contém as ferramentas de "Busca" e "Rotas" está bem posicionado?
16	Você quer ter acesso a mais recursos disponíveis no UCM, para isso você precisa realizar "Login". Utilize o e-mail: (campusmap2020@gmail.com) e senha: (ucm2020). Você conseguiu realizar o login? (http://www.campusmap.ufpr.br/)
17	Você precisa realizar o download de dados vetoriais do arquivo denominado "2017_CCJA_DadosVetoriais.zip" pertencentes ao Campus: Centro Politécnico. Foi possível realizar download deste dado? (http://www.campusmap.ufpr.br/)
18	Na sua opinião, a localização do menu "Registro" (para realizar Login, Cadastro, Ajuda e Sair) está bem localizado?
19	Na sua opinião os textos presentes na interface estão legíveis? (Ex: títulos, nome de ferramentas e descrições)
20	Para você é necessário ter o botão de zoom in/out?

FONTE: O AUTOR (2021).

Algumas respostas atribuídas ao questionário possuíam a opção “parcialmente”, como é o caso da questão 5 e da questão 14, que poderia ser adotada devido a tarefa não ter sido totalmente concluída. Após o encerramento do questionário foi solicitado o preenchimento do formulário pelo participante, com questões relacionada a “Caracterização do usuário”, “Avaliações dos aspectos ergonômicos em dispositivos móveis” e “Questão sobre a facilidade de interação dos usuários, Eficácia, Eficiência e Satisfação”. Os questionários foram construídos de forma impessoal, com identificação do participante por sequência numérica de acordo com a ordem de apresentação espontânea. As questões foram adaptadas de acordo com pré-testes realizados.

3.6 QUESTIONÁRIOS RELACIONADOS AO ESFORÇO MENTAL, SATISFAÇÃO E *FEEDBACK*

Descrito na TABELA 4, visando a realização da avaliação do esforço mental dos participantes que se submeteram ao teste de usabilidade denominado acompanhamento de uso foram aplicados os questionários de esforço mental NASA-TLX e de satisfação, e no final do teste foi aplicada uma questão sobre a facilidade de interação dos usuários, contando também com uma questão elaborada de maneira a ser respondida em formato de texto dissertativo, com o propósito de ser coletado *feedback* dos usuários.

TABELA 4 – QUESTÕES DE SATISFAÇÃO E *FEEDBACK*

Métricas	
1.	Relacionado a sua experiência até o momento e considerando os critérios de facilidade de interação e facilidade de cumprimento da tarefa na identificação de interferências, qual nota de zero a dez você considera adequada para a interface do UCM?
2.	Considerando as tarefas que foram realizadas (com ou sem êxito) no UCM, você poderia descrever sua opinião de forma discursiva a respeito das suas impressões, sensações, preferências de uso e pontos positivos do UCM. Bem como sugestões de aspectos problemáticos que você considera importante serem melhorados no UCM?

FONTE: O AUTOR (2021).

Para avaliação do esforço mental do participante que se submeteram ao teste de usabilidade questionário remoto, foi aplicado questionários de esforço mental NASA-TLX APÊNDICE 5, ao final do teste foi aplicado uma questão sobre a facilidade de interação dos usuários (1), Eficácia (2), Eficiência (3) e Satisfação (4) expostas na TABELA 6.

TABELA 5 – QUESTÕES SOBRE FACILIDADE DE INTERAÇÃO DOS USUÁRIOS, EFICÁCIA, EFICIÊNCIA E SATISFAÇÃO

Métricas	
1.	Relacionado a sua experiência até o momento e considerando os critérios de facilidade de interação e facilidade de cumprimento das tarefas, qual nota você considera adequada para a interface do UCM?
2.	Na sua opinião, ao interagir com as funcionalidades do UCM, qual foi sua taxa de acerto ao solucionar as tarefas?
3.	Considerando a eficiência (tempo e esforços mentais) no cumprimento das tarefas, qual nota você considera adequada para a interface do UCM?
4.	Quão satisfatório foi para você utilizar a interface do UCM?

FONTE: O AUTOR (2021).

3.7 AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS RELACIONADOS A ERGONOMIA EM DISPOSITIVOS MÓVEIS

A TABELA 7 é composta por critérios ergonômicos que foram empregados para avaliar a interface do UCM acessada em dispositivos móveis, visando entender como as pessoas utilizam dispositivos móveis e se relacionam com a interface cartográfica do UCM.

TABELA 6 – MÉTRICAS RELACIONADAS A ERGONOMIA

Métricas	
1.	Posição preferencial dispositivo móvel.
2.	Maneira de dar zoom no mapa.
3.	Como é a utilização do dispositivo, se o participante segurou com as duas mãos e navega no mapa ao mesmo tempo, se utiliza uma mão esquerda/direita para segurar o equipamento e a outra para navegar.

FONTE: O AUTOR (2021).

As avaliações dos aspectos ergonômicos em dispositivos móveis descritos na TABELA 7 foram aplicadas através de um formulário após a entrevista dos participantes, realizadas com o acompanhamento de uso, pois a videoconferência gravou somente a tela do dispositivo, não sendo possível fazer o registro dos movimentos físicos do participante, ficando restrito a respostas via questionário.

3.8 TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

As análises relacionadas às alterações nos requisitos tiveram como finalidade comparar o que as pessoas desenvolveram no dispositivo *desktop* e o que mudou em relação ao móvel. Martins (2018), complementa que a quantidade e qualidade dos dados a serem visualizados afetam o tempo de execução de um teste de forma significativa, com destaque para alguns fatores como processador, *mouse*, teclado, monitor, memória e formato da tela de dispositivo móveis influenciam nos resultados do teste. O ideal seria que esses fatores fossem semelhantes em todos dispositivos considerando a diversidade de contextos tecnológicos de acesso disponíveis.

Após a coleta de dados, os formulários foram armazenados e as informações foram transcritas em um banco de dados para as devidas análises e interpretação, a análise quantitativa e a análise qualitativa. A primeira análise foi da taxa de acerto (eficácia) das interferências mediante a mudança de interface de visualização, por meio da utilização de gráficos de pizza nos resultados do questionário, foi realizada uma discussão comparando a utilização do UCM acessado em dispositivos móveis e *desktop*. Também foi aplicado o teste de Tukey nas respostas vinculadas à carga de trabalho questionário NASA-TLX. Estas análises tiveram o propósito de proporcionar embasamento teórico para realizar a geração de novos requisitos, auxiliando no processo de desenvolvimento da versão do UCM acessada em dispositivos móveis.

A avaliação da carga de trabalho utilizando o questionário NASA-TLX foi aplicado após os testes de acompanhamento de uso, na modalidade remota moderado, e após o questionário remota não moderado. Após a finalização do teste acompanhamento de uso foi aplicado o questionário NASA-TLX visando avaliar a carga de trabalho e o mesmo ser considerado um excelente método para avaliar a carga de trabalho dos usuários (MCDONALD e PETRIE, 2013; PIKE *et al.*, 2014; ZHAO *et al.*, 2014; PONATHIL *et al.*, 2018).

No teste de usabilidade os voluntários foram submetidos a avaliação da carga de trabalho ao final da entrevista, após um tempo mínimo de 30 segundos de descanso. Esta medida foi tomada devido a possíveis interferências externas do moderador e a garantia de seu cumprimento foi a tempo para se despedir do voluntário e envio de um *link* contendo o questionário (Pike *et al.*, 2014). No teste de usabilidade denominado questionário remoto não foi possível controlar um tempo de descanso para ser respondido o questionário NASA-TLX.

3.8.1 Análise qualitativa

Utilizando uma metodologia de interpretação e observação durante os testes, buscando obter as impressões, sensações, preferências de uso e mudanças sutis de humor dos participantes, durante os diálogos estabelecidos no acompanhamento de uso. Durante a realização das tarefas de uso da plataforma os usuários foram indagados com o propósito de enriquecer a coleta de dados qualitativos. Os resultados do teste foram avaliados estritamente de forma qualitativa a partir de informações obtidas das gravações das videochamadas. Os resultados da observação dos usuários utilizando o sistema, bem como as indagações pontuais realizadas no transcorrer do teste foram sumarizados em uma planilha do excel com a listagem das respostas e impressões. Após o armazenamento das respostas, as mesmas foram analisadas com caráter crítico, por meio de comparações entre a utilização dos dispositivos de acesso à interface do UCM. Considerando a utilização de funcionalidades pelos participantes e mudanças comportamentais ou diálogos relevantes estabelecidos durante a realização dos testes, os insights obtidos a partir das análises foram transcritos e documentados como parte dos resultados da pesquisa.

Também foi adotado os questionários de esforço mental e de satisfação. A aplicação do questionário NASA *Task Load Index* (TLX), foi considerado para avaliação do esforço mental durante o teste. Foi aplicado o questionário de satisfação do usuário contendo uma pergunta fechada e uma última questão aberta, que foi respondida de forma discursiva com a finalidade

de serem obtidos *feedbacks* dos usuários, visando auxiliar a equipe de desenvolvimento e planejamento do UCM a melhorar os requisitos de uso e interação do sistema.

A partir da obtenção dos resultados foram realizadas comparações as quais relacionaram o acesso do UCM em ambos os dispositivos utilizados. As análises qualitativas, serviu para validar e comparar como as pessoas interagiram com a interface *desktop* e o que mudou em relação ao dispositivo móvel.

3.8.2 Avaliação quantitativa

A avaliação quantitativa verificou a aderência das frequências das respostas dos testes nas duas plataformas, por meio do teste denominado análise de variância (ANOVA) que é um teste estatístico amplamente utilizado, e visa fundamentalmente verificar se existe uma diferença significativa entre as médias e se os fatores exercem influência em alguma variável dependente (CAMPOS, 2017). O teste ANOVA é um método que informa se existe um tratamento discrepante entre os demais, mas não indica entre quais grupos a diferença é significativa. Assim, se faz necessário utilizar testes de comparações múltiplas, no qual no presente trabalho foi adotado o Teste de Tukey.

Para entender se houve uma diferença significativa nas respostas dos participantes que utilizaram diferentes dispositivos, foi aplicado o teste o Teste de Tukey nas respostas vinculadas a carga de trabalho em relação ao nível de formação, também foi avaliado as respostas atribuídas para as funcionalidades do sistema testadas. Sendo que para a realização da análise os entrevistados foram divididos em dois grandes grupos, considerando o dispositivo de acesso. Essa divisão permitiu que as médias de cada subgrupo fossem analisadas no software Sisvar, apresentando resultados de igualdade ou discrepância.

Não foi realizada análise estatística dos resultados obtidos com a avaliação heurística, considerando a elevada chance de serem geradas inferências equivocadas devido ao reduzido grupo amostral. A análise estatística foi aplicada nos questionários NASA-TLX destinados à avaliação da carga de trabalho. Foi realizada a comparação do nível de formação escolar informado pelos participantes, nos testes questionário e acompanhamento de uso em relação a carga de trabalho percebida pelos usuários. Também foi feito uma análise estatística comparando o acesso do UCM em diferentes dispositivos e as boas práticas de uso.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao todo foram analisados os dados provenientes de 66 pessoas, que colaboraram de forma totalmente voluntária com os testes de usabilidade, utilizando dispositivos *desktop* e móvel. A presente seção está dividida em cinco grandes etapas compostas por: (1) Avaliação heurística do UCM acessado em diferentes plataformas. (2) Resultados da aplicação do teste acompanhamento de uso. (3) Resultado do teste questionário. (4) Resultados da avaliação ergonômica em dispositivos móveis. (5) Aperfeiçoamentos sugeridos para os requisitos do sistema. Cada etapa engloba os resultados obtidos e a discussão sobre suas causas e consequências para os objetivos desta pesquisa.

4.1 AVALIAÇÃO HEURÍSTICA DO UCM ACESSADO EM DIFERENTES PLATAFORMAS

A avaliação heurística foi realizada por 6 especialistas, que avaliaram o UCM utilizando dispositivos *desktop* e móveis para acessar o mapa. As heurísticas que foram selecionadas e utilizadas na avaliação estão descritas no QUADRO 8. Entre os especialistas que realizaram a avaliação 100% possuíam nível de formação doutorado. Os resultados foram apresentados sempre de forma compilada e generalizada. A caracterização dos voluntários considerou a experiência na plataforma analisada, grau de educação formal, frequência de uso de mapas e qual dispositivo os participantes estavam portando para realizar o teste. O TCLE foi respondido por 100% dos participantes, aceitando realizar a avaliação da inspeção da interface de forma totalmente voluntária.

Ao todo 3 especialistas utilizaram dispositivo *desktop* para acessar o UCM, com área de formação profissional, correspondente a Engenharia cartográfica, Geografia e Sensoriamento Remoto. Os participantes que possuíam deficiência visual e não estavam utilizando instrumento de correção no momento do teste, correspondiam a 33%, os participantes que não possuíam deficiência ou estavam utilizando instrumento de correção correspondiam a 67%. Quando questionados sobre a familiaridade com o Centro Politécnico da UFPR, 67% possuíam familiaridade e 33% não. Quando foi questionado sobre o hábito em utilizar mapas, 100% dos especialistas utilizam com frequência. A avaliação heurística utilizando dispositivo móvel contou com a participação de 3 especialistas com formação profissional em Engenharia cartográfica e Geografia. Nenhum dos participantes possuíam deficiência visual e não estavam utilizando instrumentos de correção. Quando questionados sobre a familiaridade com o Centro

Politécnico da UFPR, 100% possuíam familiaridade. Quando foi perguntado sobre o hábito em utilizar mapas, 67% utilizam com frequência e 33% utilizam ocasionalmente. A (FIGURA 6) reflete o resultado da inspeção realizada no UCM realizada por especialistas que utilizam dispositivos *desktop* e móvel. A TABELA 8 possibilita conferir as respectivas heurísticas utilizadas para inspeção das funcionalidades da interface UCM acessada em dispositivo *desktop* e móvel, com os resultados expressos nos gráficos da.

TABELA 7 – HEURÍSTICAS UTILIZADAS PARA AVALIAR O UCM

Item	Heurísticas
1.	É possível acessar o mapa?
2.	É possível ampliar o zoom do mapa?
3.	É possível reduzir o zoom do mapa?
4.	É possível mover o mapa com o <i>mouse</i> , setas, teclado ou dedos?
5.	A barra de escala gráfica está bem visível?
6.	É possível ativar as camadas “INDOOR”?
7.	É possível alterar os andares dos prédios?
8.	É possível descobrir as coordenadas de um ponto qualquer?
9.	É possível medir a distância direta entre pontos?
10.	É possível medir a área?
11.	A pesquisa de pontos de interesse é possível?
12.	Pesquisas de rotas são possíveis?
13.	As cores associadas à rota são de fácil associação com os elementos do terreno?
14.	A função de preenchimento automático está disponível quando a consulta é inserida?
15.	É possível limpar o resultado da pesquisa?
16.	É possível realizar <i>login</i> ?
17.	É possível realizar download de dados?
18.	Os componentes interativos selecionados são claramente distintos dos demais?
19.	As mensagens de status do UCM possuem uma linguagem clara e concisa?
20.	Para cada ação do usuário o UCM oferece feedback imediato e adequado sobre seu status?
21.	O significado de símbolos e ícones é compreensível e intuitivo?
22.	As informações são dispostas em uma ordem lógica e natural?
23.	O usuário pode cancelar uma ação em progresso?
24.	O UCM deixa claro qual o próximo passo para realizar a tarefa?
25.	As informações textuais são apresentadas de forma padronizada?
26.	Os campos onde existe a necessidade de inserção de dados são evidentes?
27.	O UCM funciona corretamente, sem apresentar problemas durante a interação?
28.	Os menus e funcionalidades são acessíveis?

-
29. O menu é esteticamente simples e claro?
 30. Os títulos da tela, rótulos e botões são curtos?
 31. O tamanho da fonte é adequado para que os textos sejam legíveis?
 32. Os ícones possuem contraste suficiente em relação ao plano de fundo?
 33. O UCM realça conteúdos mais importantes, deixando-os maiores, mais brilhosos ou em negrito?
-

FONTE: O AUTOR (2021).

O QUADRO 11 contém discussões elaboradas a fim de destacar os pontos mais críticos do sistema, com base nos resultados apresentados pela (FIGURA 5).

QUADRO 11 – FUNCIONALIDADES DO UCM QUE APRESENTARAM PROBLEMAS

Item: TABELA 8	<i>desktop</i>	móvel
5.	Visibilidade da barra de escala gráfica.	
7.	A maioria dos especialistas afirmou ser problemática o funcionamento da ferramenta direcionada à alteração dos andares dos prédios.	
8.	As respostas atribuídas à questão que indagava sobre a possibilidade de ser descoberto as coordenadas de um ponto qualquer, apresentou dificuldade de funcionamento em ambos os dispositivos.	
9.	A funcionalidade que possibilita medir distância direta entre pontos e áreas apresentou problemas.	
11.	A pesquisa de pontos de interesse demonstrou problemas.	
12.	A pesquisa de rotas apresenta maiores problemas ao ser utilizada em dispositivos <i>desktop</i> .	
13.	As cores associadas à rota não são de fácil associação com os elementos do terreno.	
19.	As mensagens de status não possuem uma linguagem clara e concisa.	
20.	Para cada ação do usuário o UCM não oferece <i>feedback</i> imediato e adequado sobre seu status	
22.	De acordo com os especialistas as informações não estão dispostas em uma ordem lógica e natural	
23.	Os especialistas não conseguiram cancelar uma ação em progresso, tanto no dispositivo móvel como no <i>desktop</i> .	
24.	A maioria dos especialistas que utilizaram dispositivo <i>desktop</i> afirmaram não estar claro quais os próximos passos para utilizar as suas funcionalidades	
33.	A plataforma não realça conteúdos mais importantes, deixando-os maiores, mais brilhantes ou em negrito, quando a interface é acessada por meio de dispositivo <i>desktop</i> .	

FONTE: O AUTOR (2021).

Algumas heurísticas demonstraram divergência entre os dispositivos de acesso, como a heurística (4), que foi utilizada para avaliar a visibilidade da escala gráfica. Segundo os especialistas a escala apresentou problemas ao ser visualizada no dispositivo móvel e principalmente no dispositivo *desktop*. A heurística (4) possibilita avaliar qualquer interface cartográfica, pois a escala é um elemento geralmente presente em mapas.

A heurística (7) foi empregada para possibilitar a realização da avaliação das funcionalidades disponíveis no UCM voltadas a navegação *indoor*, questionando o especialista sobre a possibilidade de serem realizadas alterações nos andares dos prédios. Foram constatados maiores problemas na mudança de andares quando o acesso se deu por dispositivos *desktop*. A heurística (7) deve ser utilizada especificamente em interfaces cartográficas que disponibilizam aos seus usuários opções voltadas a navegação *indoor*, caso contrário não deve ser amplamente empregada para avaliar interfaces que não possuem ambientes internos mapeados.

As heurísticas (8) e (9), utilizadas para elucidar o funcionamento da funcionalidade que possibilita realizar medições no mapa, demonstrou ser possível identificar diferenças substanciais entre as plataformas de acesso *desktop* e móvel, apontando que existem problemas complexos na utilização da funcionalidade quando o acesso se deu por dispositivo *desktop*. Independente do dispositivo de acesso, as heurísticas (8) e (9) podem ser utilizadas para realizar avaliação de mapas móveis, desde que o mapa possua disponível a funcionalidade que possibilite realizar medições ou encontrar coordenadas.

A heurística (11) foi utilizada com o propósito de possibilitar aos especialistas checar a funcionalidade que possibilita realizar pesquisa de pontos de interesse, que apresentou problemas quando foi utilizada em dispositivos móveis. Por outro lado, a heurística (12) permite avaliar o funcionamento da pesquisa de rotas, a qual demonstrou problemas em ambos os dispositivos de acesso ao UCM, com destaque dispositivos *desktop*.

A heurística (13) possibilitou constatar que as cores associadas às rotas, conforme os não são associadas com os elementos do terreno. Quando o acesso foi realizado utilizando dispositivo *desktop*, o número de especialistas que identificaram problemas em relação às cores associadas à rota foi maior do que o número de especialistas que avaliaram a interface utilizando dispositivo móvel.

A heurística (19) possuía a finalidade de verificar se as mensagens de status possuem uma linguagem clara e concisa. Foram constatados problemas em ambos os dispositivos de acesso, contudo ao utilizar dispositivo *desktop* todos os especialistas afirmaram que o sistema não possui este recurso. A heurística (19) pode ser amplamente utilizada em diversos sistemas

de mapas digitais, visto que qualquer sistema, por mais modesto que seja, precisa oferecer aos seus usuários informações claras e concisas.

Outro ponto identificado pelos especialistas foi a capacidade do UCM após cada ação oferecer *feedback* imediato e adequado sobre status do sistema, atendendo à heurística (20). Porém foi apontado pelos especialistas que ambos os dispositivos de acesso apresentaram problemas, quando o acesso se deu por dispositivo *desktop* foi maior o número de respostas negativas em relação ao móvel. A heurística (20) pode ser utilizada amplamente na avaliação de interfaces cartográficas, principalmente após tarefas como realização de cadastro, *login* ou *download* de dados, exibindo mensagens de confirmação do tipo “e-mail enviado”, “download concluído” ou “cadastro realizado com sucesso”.

De acordo com os especialistas as informações não estão dispostas em uma ordem lógica e natural conforme os resultados obtidos com as respostas atribuídas a heurística (22), com problemas identificados em ambos os dispositivos de acesso. Com base nos resultados é possível presumir que o UCM não possui os seus itens em listas de seleção ordenados por critérios adequados, principalmente em relação ao contexto correspondente as funcionalidades dos menus, como mudanças de pavimentos e *download* de dados. A heurística (22) pode ser amplamente utilizada para avaliar diversos sistemas de mapas móveis, considerando o fato de que os sistemas que precisam ser ordenados por um critério adequado como, por exemplo, ordem alfabética, devido ao fato de pessoas presumirem como o sistema poderia funcionar com base em sua experiência em outros mapas digitais.

Conforme os resultados demonstrados com a utilização da heurística (23), no qual os especialistas afirmaram não conseguir cancelar uma ação em progresso, tanto quando o acesso se deu por dispositivo móvel e no *desktop*. Outra heurística que apresentou resultados que merecem destaque é a (24), na qual a maioria dos especialistas que utilizaram dispositivo *desktop* afirmaram não estar claro quais os próximos passos para utilizar as funcionalidades do UCM. Por fim, segundo os especialistas a plataforma não realça conteúdos mais importantes, deixando-os maiores, mais brilhantes ou em negrito, conforme a heurística (33), principalmente quando a interface foi acessada por meio de dispositivo *desktop*. Tanto as heurísticas (23), (24) e (33) demonstraram versatilidade na avaliação do UCM que foram realizadas por meio do acesso com diferentes dispositivos, sugerindo não sofrerem influência por parte do dispositivo utilizado para acessar o sistema.

As heurísticas discutidas foram as que apresentaram maior divergência entre os dispositivos de acesso, mas este fato não implica que as heurísticas que apresentaram resultados semelhantes possuam menor importância para realização da avaliação por especialista de um

WebGIS. Portanto as heurísticas utilizadas no trabalho possuem relevância para realizar avaliação do UCM, porém para ser avaliado outro sistema utilizando as heurísticas empregadas no presente estudo, é extremamente importante que sejam selecionadas e inclusive adaptadas, considerando pontos como a presença de funcionalidade correspondentes a ambientes *Indoor* ou por exemplo a realização de *download* de dados disponíveis, entre outras funcionalidades que possam vir a divergir entre si. Este fato deve ser considerado devido à ampla variedade de sistemas com diversos propósitos, para os quais os requisitos podem ser completamente distintos dos utilizados no UCM. A TABELA 8 expõe os comentários elaborados pelos especialistas que realizaram a avaliação utilizando dispositivos *desktop* e móvel.

TABELA 8 – COMENTÁRIOS DOS ESPECIALISTAS

Especialistas	Comentários
1	Dispositivo <i>desktop</i> : “Senti falta de uma legenda. Os adjetivos intuitivo e lógico não fazem sentido da maneira que foram usados na pergunta. Aliás, o entendimento do que é “intuitivo” e “lógico” é bem mais complexo do que a maneira que foram aqui usados.”
2	Dispositivo <i>desktop</i> : “A forma como o formulário está estruturado, não permite mencionar algumas questões importantes sobre certas questões. Algumas respostas teriam concordância parcial e acabaram sendo marcadas como não. Com relação às rotas, por exemplo, o sistema permite preencher os campos, mas não retorna o resultado. Não localizei as ferramentas de medidas lineares e de área. O contraste das cores no menu é ruim: cinza escuro sobre preto. Fico à disposição dos colegas para outras contribuições caso entendam necessário.”
3	Dispositivo <i>desktop</i> : “Alguns problemas ao realizar diversas rotas consecutivas; alguns erros gramaticais nos nomes de laboratórios; não consegui obter coordenadas.”
4	Dispositivo móvel: “Em uma das rotas que testei, a representação gráfica não chegou até o destino, ficou faltando uma parte, algumas quadras, a serem representadas em destaque.
5	Dispositivo móvel: “Nada a declarar.”
6	Dispositivo móvel: “Nada a declarar.”

FONTE: O AUTOR (2021).

Os resultados obtidos sugerem que ambos os dispositivos obtiveram quantidades significativas de respostas positivas, demonstrando que a interface é funcional. Devido à baixa aderência dos participantes especialistas as respostas apresentam menor representatividade amostral, portanto não foi realizada análise estatística dos resultados obtidos com a avaliação heurística, considerando que a chance de serem gerados inferências erradas ser elevada, sendo necessário um número amostral maior de avaliadores especialistas, para ser estatisticamente representativo. Como sugerido por Komarkova *et al.* (2017), ao afirmar que um conjunto representativo de especialistas é mais interessante do ponto de vista estatístico, mas esta

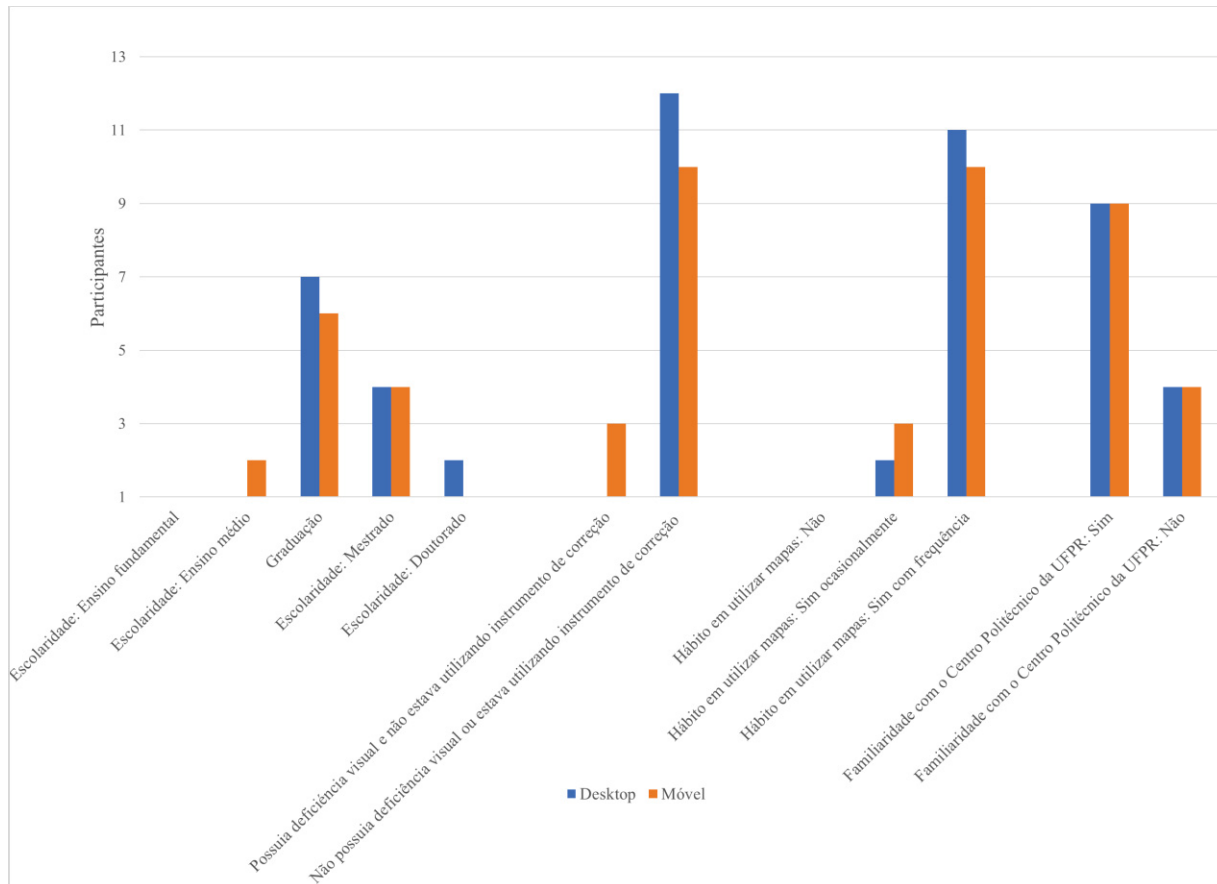
abordagem pode ser um complicador para realização da pesquisa, como aumento de tempo e custos para coleta de dados. O estudo de Kuparinen *et al.* (2013), contou com quatro especialistas, que testaram heurísticas, porém em sua conclusão destaca que a principal limitação deste estudo foi a pequena quantidade de avaliadores que testaram as heurísticas propostas.

4.2 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO TESTE “ACOMPANHAMENTO DE USO”

Durante o transcorrer de algumas seções de testes foi necessário solicitar algumas informações adicionais, devido ao fato do teste ter sido aplicado na modalidade remoto e em algumas circunstâncias os participantes demonstrarem introspecção e silêncio profundo, sendo necessário ter que ocorrer estímulos no sentido de continuarem relatando seus pensamentos em voz alta enquanto realizavam as tarefas de interação com o UCM, porém foi tomado o cuidado para não influenciar sobremaneira no que os participantes pensavam a respeito de suas ações em relação às funcionalidades do sistema testado.

Os resultados foram apresentados sempre de forma compilada e generalizada. A caracterização dos voluntários considerou a experiência na plataforma analisada, grau de educação formal, frequência de uso de mapas e qual dispositivo o participante estava portando para realizar o teste. O TCLE foi respondido por 100% dos participantes, aceitando participar da pesquisa de forma totalmente voluntária, aceitando ser realizada a gravação de som e vídeos e respondendo as questões solucionando tarefas. Se voluntariaram a participar do estudo 32 pessoas, porém apenas os dados de 26 participantes foram considerados, seis entrevistas foram descartadas, devido à aplicação do teste piloto e problemas técnicos. A (FIGURA 6) apresenta gráficos com a caracterização dos usuários que participaram do teste, categorizados de acordo com o dispositivo de acesso.

FIGURA 6 – CARACTERIZAÇÃO DOS USUÁRIOS TESTADOS



FONTE: O AUTOR (2021).

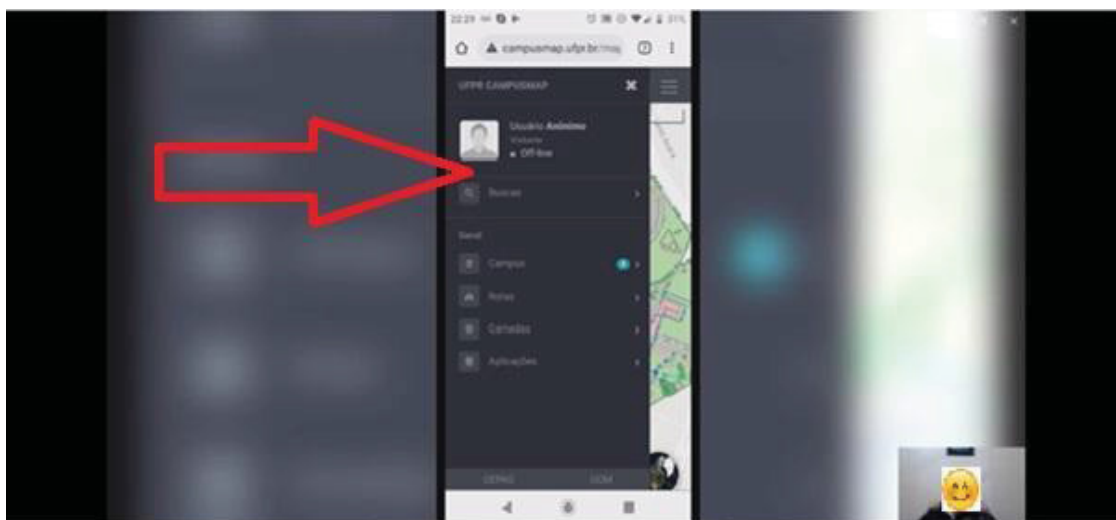
Dos 13 participantes que utilizaram dispositivo *desktop* para acessar o UCM 54% possuíam graduação, 31% mestrado e 15% doutorado. No quesito área de formação profissional, os participantes relataram atuar como Engenheiro Cartógrafo e Agrimensor 68%, Engenharia Ambiental 8%, Direito 8%, Engenharia Agrícola 8% e Geografia 8%. Os participantes que possuíam deficiência visual e não estavam utilizando instrumento de correção no momento do teste, correspondiam a 8%, os participantes que não possuíam deficiência ou estavam utilizando instrumento de correção correspondiam a 92%. Quando questionados sobre a familiaridade com o Centro Politécnico da UFPR, 69% possuíam familiaridade e 31% não. Quando foi perguntado sobre o hábito em utilizar mapas, 15% dos participantes ocasionalmente utilizam e 85% utilizam com frequência.

No total 13 voluntários realizaram o teste utilizando o dispositivo móvel, 15% possuíam ensino médio, 48% possuíam graduação e 31% possuíam nível de formação e mestrado e 8% doutorado. No quesito área de formação profissional, os participantes relataram atuarem como Engenheiro Cartógrafo e Agrimensor 47%, Ciências Biológicas 8%, Engenharia Ambiental 8%, Ciências Geodésicas 15%, Processamento de Dados 8% e 16% corresponde a outras áreas de formação. Os participantes que possuíam deficiência visual e que não estavam utilizando

instrumento de correção no momento do teste correspondiam a 23%, os restantes 77% não possuíam deficiência ou estavam utilizando instrumentos de correção. Quando indagados sobre a familiaridade com o campus Centro Politécnico da UFPR, 50% possuíam familiaridade e 50% não possuíam. Quando foi perguntado sobre o hábito em utilizar mapas, 23% dos participantes ocasionalmente utilizam e 77% utilizam com frequência.

Os resultados qualitativos obtidos com aplicação do acompanhamento de uso sugerem que ambos dispositivos obtiveram quantidades significativas de respostas positivas. Porém algumas funcionalidades foram categorizadas de modo diferente, de acordo com o dispositivo de acesso, como por exemplo a funcionalidade “3. Ao acessar o mapa é bom o menu ficar aparente”, “9. Compreensão do marcador da rota”, “14. Visibilidade da escala”, “15. Utilização do menu Registro”, “16. Realização de *login*” e “18. Utilização do botão de *zoom* no canto superior esquerdo”. Evidenciando a necessidade de adaptação ou mesmo elaboração de novos requisitos, considerando o dispositivo de acesso, como por exemplo ao acessar o mapa em dispositivo móvel os participantes preferem ver o mapa diretamente, contrariamente os participantes que utilizaram dispositivo *desktop* em sua maioria afirmaram não se incomodar com menu ficar aparente. Relacionado a funcionalidade 3, parte dos participantes relataram que o fato do menu aparente em dispositivos móveis causar sobreposição do mapa, devido ao tamanho da tela dos dispositivos móveis ser menor que no *desktop*. A (FIGURA 7) corresponde a uma cópia da tela do moderador, utilizando serviços de comunicação por videoconferência e compartilhamento de tela com um voluntário. Exemplo de utilização do dispositivo móvel com o menu aparente e sobrepondo o mapa ao acessar o UCM.

FIGURA 7 – MENU APARENTE EM DISPOSITIVOS MÓVEIS, SOBREPONDO O MAPA AO ACESSAR O UCM

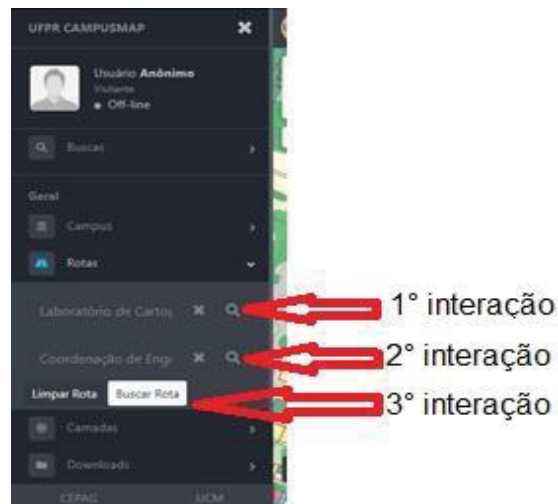


FONTE: O AUTOR (2021).

A questão “4. Pesquisa de pontos de interesse é possível”, demonstrou ser funcional, considerando o fato de que quando o participante conhecia o campus, sabendo a localização do “Restaurante Universitário do Centro Politécnico” algumas vezes não utilizava a funcionalidade para realizar a pesquisa, localizando de forma visual diretamente no mapa. Quando os participantes utilizavam a função para pesquisar pontos de interesse ao inserir textos no campo de buscas a função autocompletar funciona de forma precária, por exemplo quando o participante comete erros ortográficos a função não facilita a correção. Outro fator são os espaços maiores do que os usuais entre palavras, o que dificulta as buscas de pontos de interesse ou rotas.

A questão “7. A pesquisa de rota é possível?”, foi considerado confusa para a maior parte dos participantes, independente do dispositivo em que estava sendo utilizada, a necessidade de buscar cada ponto de interesse para posteriormente realizar a pesquisa da rota, é um fator que incomodou os participantes, pois os mesmos demonstraram dificuldades para assimilar que é necessário realizar buscas em cada ponto de interesse antes de realizar a busca da rota. Por exemplo precisa ser realizado uma busca através da “lupa” na qual localiza o “Laboratório de Cartografia” e o menu acaba ficando oculto, fazendo com que novamente o usuário precise expandir o menu digitar o segundo local de interesse com por exemplo “Coordenação de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura”, para então realizar a busca na “Lupa” e novamente o menu se oculta, por fim é necessário expandir o menu novamente e clicar no botão “Buscar Rota” para a rota ser finalizada, ligando o local de partida com o destino. Durante as entrevistas foi constatado que nos dispositivos móveis a pesquisa de rotas possui um agravante pois quando a rota era finalizada o menu não se ocultava automaticamente, ficando sobreposto ao mapa, que devido ao tamanho da área de visualização o menu sobrepõe o mapa (FIGURA 8), provocando confusão nos participantes, que intuitivamente acharam que suas ações não surtiram efeito e a rota não foi projetada no mapa. Em grande parte dos casos os participantes ficavam clicando de forma ininterrupta em cima do botão “Buscar Rota” e relataram durante a videoconferência um sentimento de frustração, pois acreditavam que a ação não tinha sido concluída e que tinha realizado ações desnecessárias, evidenciando o aumento na carga de trabalho.

FIGURA 8 – MENU APARENTE E UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA DE ROTAS



FONTE: O AUTOR (2021).

Em boa parte dos testes independente do dispositivo que foi utilizado, quando perguntado aos participantes sobre compreensão das cores relacionadas a rotas, foi constatado grande confusão, raramente sendo associado pelo participante a cor da rota com o andar do prédio que ela pertencia, foi comum os participantes inferir de forma equivocada que a parte da rota em ambiente *indoor* (FIGURA 9 - (b)) foi representado pelo vermelho, já o marrom e o preto fossem representações da rota situada em ambiente *outdoor* (FIGURA 9 - (a)).

FIGURA 9 – UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA DE ROTAS. (a) CORRESPONDE A ROTA *INDOOR/OUTDOOR*. (b) SOMENTE *INDOOR*



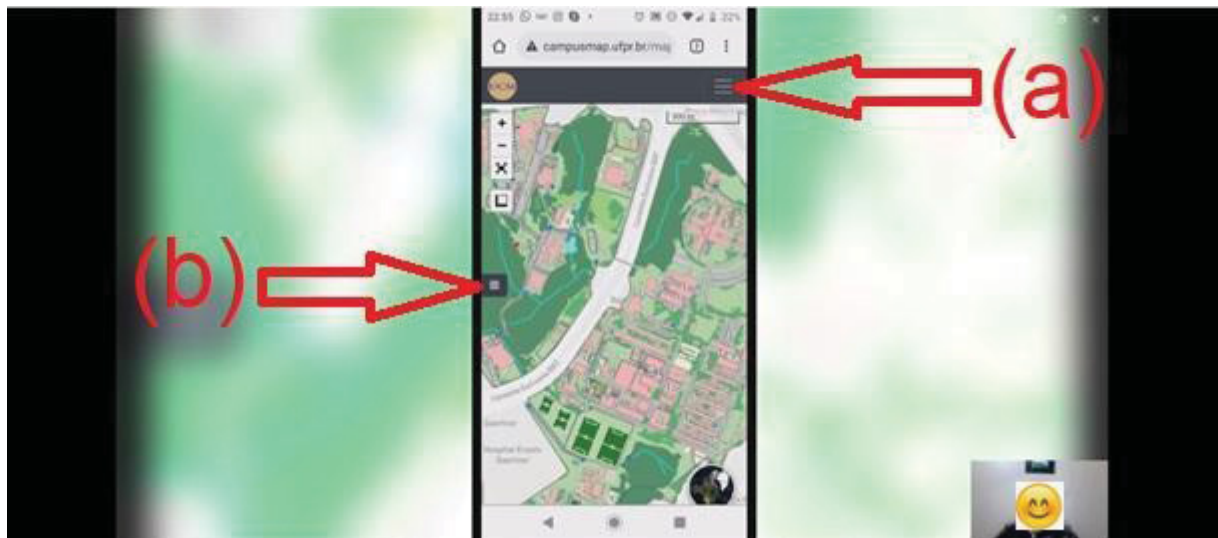
FONTE: O AUTOR (2021).

Em poucas exceções foi assimilado pelos participantes que as alterações nas cores das rotas representavam mudanças de pavimentos, permanecendo uma forte dúvida especialmente por parte das pessoas que não conheciam o campus da UFPR, relacionado ao andar que a cor estava simbolizando, segundo os entrevistados não havia nenhuma relação lógica com a atribuição da cor “preta” sendo o térreo, “vermelha” o primeiro andar e o “marrom” as mudanças de andares (elevadores e escadas). Para sanar o problema de falta de associação das cores das rotas com a mudança de andares, foi recomendado adicionar legenda ao mapa, porém a localização e a forma desta legenda precisam ser projetadas considerando o dispositivo que o mapa será acessado, se for utilizado o *desktop* segundo os participantes a legenda pode ficar na tela principal junto ao mapa, no formato de uma janela móvel. Porém se a interface for acessada por dispositivo móvel a legenda precisa ficar oculta localizada por exemplo no menu, prezando por uma tela limpa pois o espaço da tela reservada para visualização e interação com mapa em dispositivos móveis é inferior, em comparação com o espaço da tela de dispositivos *desktop*. Uma alternativa sugerida pelos usuários foi em oposição a utilização da legenda tradicional, ser adotado o recurso denominado *Pop-up*, que é um tipo de janela que se abre no navegador ao clicar com o dedo ou seta em cima da rota. Esta janela poderia conter todas as explicações sobre as cores da rota, mudanças de andares, inclusive outras informações, como breves descrições dos prédios e fotos atualizadas dos prédios, contendo por exemplo pontos estratégicos como fachadas, entradas e saídas.

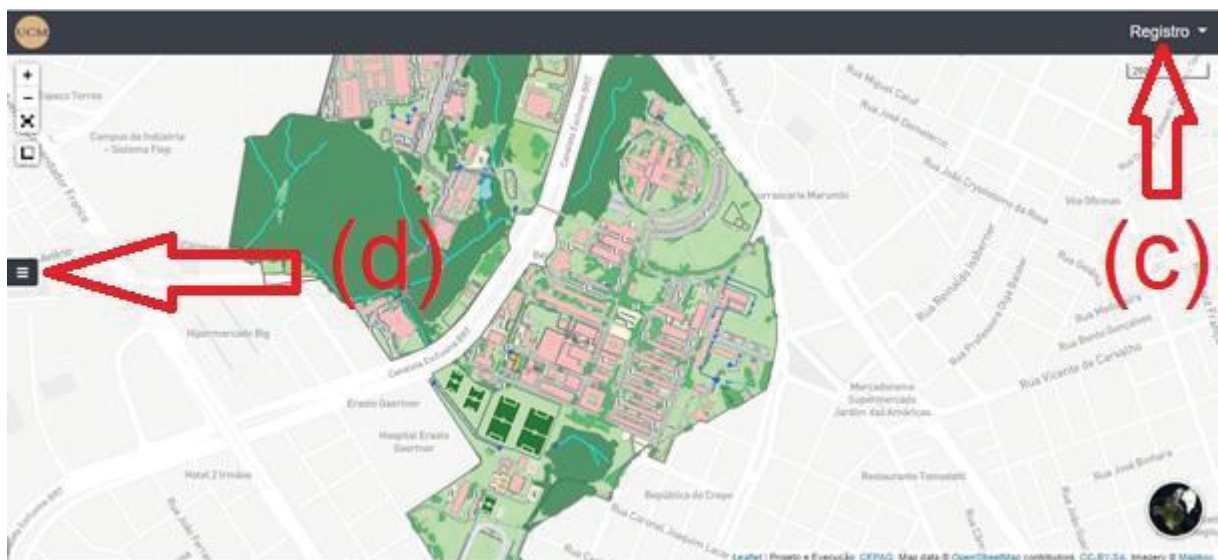
A utilização do menu “Registro” que contém as funções (Login, Cadastro, Ajuda e Sair) ao ser utilizado no dispositivo móvel foi problemática (FIGURA 10 – (I)), ao ser acessado devido ambos os menus serem simbolizados por três riscos horizontais, apontados na (FIGURA 10 – (I) pela seta (a)), provocando confusão nos participantes com o outro menu que contém as ferramentas de Buscas, Rotas, que também fica representado por três riscos horizontais, seta (b). Foi recomendado pelos participantes que utilizaram dispositivo móvel a realização de alterações na simbologia do menu Registro, ou mesmo anexar este menu junto com o menu das ferramentas seta (b), possibilitando consultar e utilizar as ferramentas em um único local de acesso. Por outro lado, as pessoas que acessaram o menu “Registro” no dispositivo *desktop*, (FIGURA 10 – (II)), identificaram e conseguiram utilizar a opção com maior facilidade, causado pelo fato do menu estar representado pela palavra “Registro” seta (c), proporcionando maior taxa de acerto pelos participantes testados.

FIGURA 10 – MENU APARENTE E UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA DE ROTAS

(I)



(II)



FONTE: O AUTOR (2021).

A ativação de camadas e mudanças de pavimentos demonstrou maior sucesso ao ser utilizada em dispositivo móvel em comparação com a utilização em *desktop* (FIGURA 11 – (a)), influenciado pelas dimensões da tela dos dispositivos móveis, sendo menores em relação ao *desktop*, proporcionando maior facilidade visual para encontrar a ferramenta, apesar de alguns participantes relatarem durante o teste que a ferramentas ficava oculta (FIGURA 11 – (b)), dependendo do navegador utilizado pelo usuário. Outro fator sugerido por boa parte dos usuários é alterar o *design* da ferramenta de mudanças de andares, inclusive adicionando uma descrição ou título a ferramenta, pois segundo os participantes é fácil confundir o botão de mudança de andares com os botões de *Zoom in/out*. Foi recomendado utilizar termos em

português para nomes e funcionalidades do UCM como por exemplo substituir o *Indoor* e *Outdoor* por interno e externo.

FIGURA 11 – MUDANÇAS DE ANDARES NAS CAMADAS *INDOOR*. (a) *DESKTOP* E (b) DISPOSITIVO MÓVEL, NO EXEMPLO A FUNÇÃO APARECE OCULTO



FONTE: O AUTOR (2021).

A realização das medições de distâncias e áreas foi executada com sucesso por boa parte dos participantes, em ambos os dispositivos de acesso. Contudo algumas críticas foram formuladas pelos usuários do UCM como trocar o símbolo atual que é um “Esquadro” por uma “Régua”, outro ponto comentado durante o teste foi alterar a cor do polígono de medida, aumentando o contraste em relação aos demais elementos do mapa, também foi destacado que falta uma opção de voltar, quando ocorre erros como medições erradas. No dispositivo móvel os participantes tiveram maior dificuldade para realizar as medições, foi destacado que é preciso diminuir o tamanho da caixa de informações, pois ela ocupa muito espaço da tela do dispositivo móvel, também deixar somente coordenadas geográficas e UTM. E implementar a opção que possibilita mover a janela que contém as unidades medidas, durante a utilização das funcionalidades, pois a mesma sobrepõe grande parte do mapa, e muitas vezes a área a ser medida fica encoberta pela janela.

O *download* dos dados (FIGURA 12), foi uma dificuldade encontrada por participantes que acessaram o UCM em ambos dispositivos. Muitos consideraram pouco intuitivo ter que selecionar através do menu a opção de Dados dos *Campi* (FIGURA 12, seta (a)) para posteriormente ter que clicar na camada (FIGURA 12, seta (b)). Os resultados coletados com participantes que utilizaram dispositivo móvel demonstraram um número mais elevado de

acerto ocasionado pelo espaço da tela ser reduzido, considerando que os participantes ficavam clicando aleatoriamente em muitos locais da tela para encontrar o arquivo "2017_CCJA_DadosVetoriais.zip", acabavam clicando em cima do mapa em tentativas e erros, encontrando a camada despropositadamente. Os usuários em sua maioria sugeriram colocar os dados para *download*, no próprio menu (FIGURA 12, seta (a)) dispostos em uma coleção ordenada de valores em formato de lista.

FIGURA 12 – ACESSO AO DOWNLOAD DOS DADOS NO UCM



FONTE: O AUTOR (2021).

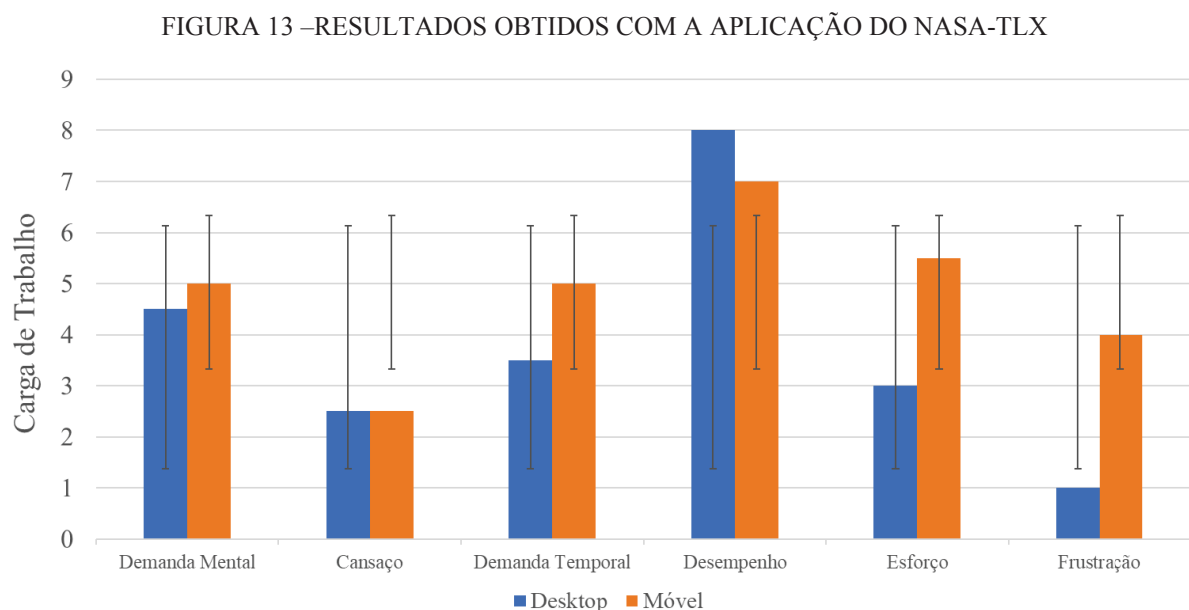
Os participantes reforçaram a necessidade do pleno funcionamento da opção de “Ajuda”, incluindo vídeos de pequenas durações, que possam ensinar a utilizar as principais funcionalidades da interface do UCM, complementado por textos elaborados de forma resumida, disponibilizando aos usuários uma ajuda personalizada.

Quanto a utilização do botão de *Zoom in/out* permanecer disponível na interface do mapa, de acordo com a opinião dos participantes que utilizaram dispositivo *desktop* para acessar o UCM, foi de que a ferramenta é fundamental para interação com a interface, considerando que os dispositivos de acesso como *mouse* ou *touchpad* podem estar com problemas e a ferramenta seria uma alternativa. Também outro fator salientado foi que tradicionalmente interfaces de mapas digitais disponíveis em dispositivos *desktop* possuem esta funcionalidade. Porém no caso do UCM ocorreu confusão com a ferramenta direcionada a mudanças de andares, devido às características visuais de ambas as ferramentas serem semelhantes. Em ocasiões que o mapa foi acessado por meio de dispositivos móveis os participantes relataram que não utilizam ou que é desnecessário a permanência do botão de *Zoom in/out*, os resultados

obtidos com aplicação do teste acompanhamento de uso, apontam para o fato de ser obsoleto a permanência da ferramenta em dispositivo móvel. Por outro lado, o botão de *Fullscreen* foi considerado indispensável em ambos os dispositivos de acesso utilizados para realização dos testes.

4.2.1 Resultados do teste NASA - TLX comparando os dispositivos de acesso

A (FIGURA 13) apresenta gráficos com os resultados quantitativos obtidos com a aplicação do NASA-TLX, categorizados de acordo com o dispositivo de acesso. O questionário NASA-TLX foi respondido por 26 pessoas, das quais 13 utilizaram dispositivos móveis e 13 dispositivos *desktop* para acessar o UCM. As colunas do gráfico foram formadas a partir de medianas, representando o valor central dos pesos atribuídos a carga de trabalho, que foi percebida pelos participantes do teste. As barras de erros nas colunas dos gráficos contêm o desvio padrão dos pesos atribuídos.



FONTE: O AUTOR (2021).

A partir dos resultados encontrados foi constatado indícios de que o método NASA-TLX se mostra eficaz e prático de ser aplicado no contexto do trabalho, pois considera a percepção individual dos participantes diante das situações reais na utilização do UCM. Contudo o elevado desvio padrão sugere maior dispersão nos dados, ao ser realizado uma comparação entre o dispositivo *desktop* e o acesso do UCM por dispositivo móvel, foi

perceptível a diferença entre a utilização do dispositivo móvel e *desktop*. Com um sutil aumento da carga de trabalho ao utilizar o UCM em dispositivos móveis. Pode ser constatada que a “Demanda Mental” foi maior quando a interface foi acessada em dispositivo móvel em comparação ao acesso por meio de dispositivo *desktop*. Em relação ao “Cansaço”, foi mais elevado em participantes que acessaram o UCM utilizando dispositivo móvel. “Demanda Temporal”, os resultados obtidos com a utilização do dispositivo móvel foram semelhantes à utilização do dispositivo *desktop* para acessar o mapa. “Desempenho” foi maior com a utilização do dispositivo *desktop*. “Esforço”, demonstra uma diminuição em relação ao *desktop*. Por último, os usuários do UCM que utilizaram dispositivo móvel apresentaram maior “Frustração” em comparação aos usuários que utilizaram dispositivo *desktop* para acessar o UCM. Segundo Pugliesi, *et al.* (2013), o teste NASA–TLX expressa importantes indicadores que representam o nível de usabilidade da interface, constatando maior dificuldade quando a interação com as funcionalidades do UCM foi realizada por meio de dispositivo móvel, por outro lado quando a interação se deu por dispositivo *desktop* os resultados demonstraram que os usuários conseguiram utilizar os recursos da plataforma com maior facilidade de uso.

4.2.2 Análise quantitativa dos dados coletados NASA-TLX, caracterizando os participantes de acordo com o nível de formação escolar

Foi aplicado o teste de ANOVA com único fator com o propósito de verificar se existem diferenças entre as médias das frequências dos grupos amostrados. Foi aplicado, ainda, o teste de Tukey com nível de significância de 1%. O resultado do tratamento estatístico está localizado no APÊNDICE 10. Devido ao fato de os grupos amostrais não serem homogêneos, a análise estatística realizada se limita a indicar evidências do comportamento do grupo amostral. Os resultados demonstram que a “Demanda mental” dos participantes do teste que possuíam nível de formação graduação apresentaram melhor desempenho ao utilizar dispositivo *desktop*. Em relação a utilização do UCM em dispositivo móvel, os usuários que possuíam o nível de formação doutorado informam ter menor demanda mental durante o teste. Os participantes que utilizaram dispositivo móvel afirmaram de modo subjetivo que sentiram menor demanda mental ao realizar o teste de acompanhamento de uso.

Com relação ao “Cansaço”, foi possível inferir que os participantes que possuíam nível de formação doutorado apresentaram os melhores desempenhos em relação aos demais quando utilizaram o dispositivo *desktop* para acessar e interagir com o mapa. Quando o acesso foi realizado utilizando dispositivo móvel o menor nível de cansaço foi atribuído aos participantes

com nível de formação caracterizado como Ensino Fundamental e Médio. Foi atribuído menor nível de cansaço aos participantes que utilizaram dispositivo *desktop*.

Relacionado a “Demanda temporal” os participantes com nível de formação caracterizado como mestrado apresentaram menor demanda temporal, para o acesso com ambos dispositivos. Com relação a “Demanda temporal”, os participantes que utilizaram dispositivo *desktop* obtiveram melhor desempenho. A percepção de melhor “Desempenho” no dispositivo *desktop*, se destacou os participantes que possuíam nível de formação graduação, em relação aos participantes que utilizaram dispositivo móvel, que no qual o melhor desempenho foi atrelado aos participantes com doutorado. Os participantes que utilizaram dispositivo *desktop*, demonstraram melhor desempenho. Relacionado ao “Esforço” os participantes com nível de formação graduação, que utilizaram tanto dispositivos *desktop* como o móvel para acessar o UCM e interagir com as funcionalidades demonstraram menores níveis de esforço. Os participantes que utilizam dispositivos *desktop* acreditam ter se esforçado menos para interagir com as funcionalidades do UCM. A questão sobre “Frustração” os participantes que utilizaram dispositivo *desktop* e com nível de formação mestrado obtiveram os melhores resultados, ao utilizar dispositivo móvel, para acessar o UCM os participantes com doutorado sentiram menores níveis de frustração ao interagir com as funcionalidades do UCM. Os participantes que utilizaram dispositivo móvel sentiram maiores níveis de frustração, em relação aos participantes que utilizaram dispositivo *desktop*.

4.2.3 Resultados relacionados à satisfação dos usuários

Foi avaliada a satisfação dos participantes que utilizaram a interface do UCM, expressando de forma quantitativa o sentimento que tiveram em relação a facilidade de interação com a interface ao solucionar as tarefas, no dispositivo *desktop* demonstraram maior pontuação, em contrapartida no dispositivo móvel ao serem perguntados sobre a facilidade de interação com a interface para realização das tarefas as respostas receberam uma pontuação menor.

Os resultados das avaliações foram obtidos com aplicação do NASA-TLX e com as respostas do questionário “Facilidade de interação e *feedback* de interação com a interface ao realizar as tarefas”. Apontaram que a utilização das funcionalidades do UCM acessado por dispositivo *desktop* demonstrou que os usuários conseguem realizar suas tarefas com maior facilidade de uso. Por outro lado, quando as interações foram realizadas utilizando dispositivo móvel foi atribuída uma nota menor, reflexo da maior dificuldade que os participantes

encontraram ao interagir com a interface ao solucionar as tarefas propostas. Existe uma direta correlação dos fatores da carga de trabalho com a aceitabilidade da interface (MENDONÇA, 2013; PUGLIESI, et al., 2013). O teste ANOVA seguido pelo teste de Tukey confirmou estatisticamente que os participantes que utilizaram dispositivos móveis para acessar e interagir com o UCM encontraram maior dificuldade, conforme os resultados localizados no APÊNDICE 9. Outro fator expresso pelo teste estatístico é que participantes com nível de formação escolar mais elevado apresentaram maior tendência de interagir com o sistema sentindo menor carga de trabalho, pessoas com nível de formação mais básico apresentaram maior carga de trabalho, conforme os resultados localizados no APÊNDICE 10.

4.2.4 Discussão sobre aplicação do teste acompanhamento remoto

O teste acompanhamento de uso possibilitou recrutar usuários diversificados e geograficamente distribuídos para participarem do teste de usabilidade. Assim como é destacado por Fan *et al.* (2020), o método utilizado na presente pesquisa deve ser aprimorado, podendo ser amplamente utilizado para avaliar a usabilidade de protótipos e aplicativos de mapas digitais, de forma totalmente remota que possibilita aos participantes realizarem os testes em qualquer local que possui acesso à internet, com a realização do presente estudo foi observado que este fato geralmente facilita o contato com um número maior de usuários do sistema e que geralmente ficam mais confortáveis em participar do teste.

As entrevistas foram realizadas em *Home office* através de videoconferência, possibilitando realizar trocas de informações verbais diretamente com os participantes, facilitando a coleta de *feedback* e do comportamento eletrônico dos participantes. Esta experiência, demonstrou que a aplicação de testes em dispositivos móveis, precisou considerar adaptação referente às questões do formulário acessados por dispositivos móveis, colocando links para os mapas em todos os enunciados, uma vez que participantes identificaram como uma dificuldade constante rolagem de tela entre a pergunta e o acesso ao mapa.

A ferramenta de compartilhamento da tela precisou ser testada com antecedência, inclusive foi posta em funcionamento por tempo maior do que o normalmente estimado para o teste, como se fosse um teste de usabilidade real, verificando seu funcionamento. O sucesso da aplicação do teste acompanhamento de uso e posterior coleta de dados dependeu principalmente da ferramenta de gravação do áudio e tela do voluntário, portanto ao longo das seções de teste foi perceptível a importância de ser escolhido ferramentas que sejam acessíveis e ágeis, com opção de gravar a tela inteira do participante. A ferramenta de gravação do áudio e vídeo deve

ser testada com rigor, para não ter dúvidas do seu funcionamento no momento da realização do teste de usabilidade remoto, conhecendo seus pontos fortes e fracos. Minimizando erros grosseiros como por exemplo falhas na operação do *software*, que viessem a comprometer a gravação ocasionando perda de dados e desperdício de tempo dos voluntários. Para garantir que o mínimo de imprevistos ocorra no momento de aplicação dos testes, é válido ser considerado a utilização de duas ferramentas de gravação de tela simultaneamente, esta recomendação é feita pois o sucesso da gravação do áudio e tela do voluntário é muito importante, também é válido realizar anotações durante os testes.

A etapa de recrutamento dos voluntários é um processo complexo e para ser eficiente foi fundamental entrar em contato com as pessoas com antecedência, e com um número maior de prováveis participantes o moderador deve sempre visar a mitigação da falta de dados para sua avaliação de usabilidade, caso ocorra problemas e circunstâncias imprevistas como desistências de voluntários, falhas na internet ou situação onde os *hardwares* e *softwares* deixa de funcionar.

Durante a aplicação do teste de usabilidade remoto, algumas entrevistas foram conturbadas com ocorrências de barulhos, variações na iluminação, interrupções de pessoas externas ao teste, desvios de atenção por parte dos voluntários e afetadas pela velocidade de conexão da internet. Fatores que jamais seriam percebidos em um ambiente controlado. Dependendo da avaliação que será feita e dos dados coletados, ocorrem fatores como os participantes não possuírem câmera no computador ou a pessoa se recusar a ligar sua câmera, o que reduz a visibilidade das reações e expressões faciais dos voluntários.

Em uma das sessões de teste houve uma interrupção por parte de uma pessoa externa que transitava no mesmo ambiente que estava sendo realizada a sessão de testes, o participante se sentiu constrangido, perdendo a concentração na solução da tarefa, precisando retomar seu raciocínio causando aumento significativo no tempo da videoconferência. Outra ocorrência em duas entrevistas foi o participante perder o foco no teste com relativa facilidade, querendo dialogar sobre assuntos de natureza pessoal durante a resolução das tarefas. Isso fez com que o teste se tornasse demasiadamente cansativo e pouco aproveitável, sendo necessário intervenções por parte do moderador direcionando o participante a retomar seu raciocínio proposto nas tarefas e reforçando a importância e objetividade que as respostas deveriam ter na avaliação de usabilidade.

Duas avaliações foram totalmente perdidas. Em um caso o voluntário possuía uma conexão com a internet ruim, fazendo com que a videoconferência fosse totalmente inviabilizada, impossibilitando o prosseguimento do teste, e outro por uma falha durante a gravação, inviabilizando o aproveitamento dos dados, estimulando o moderador a adaptar a metodologia

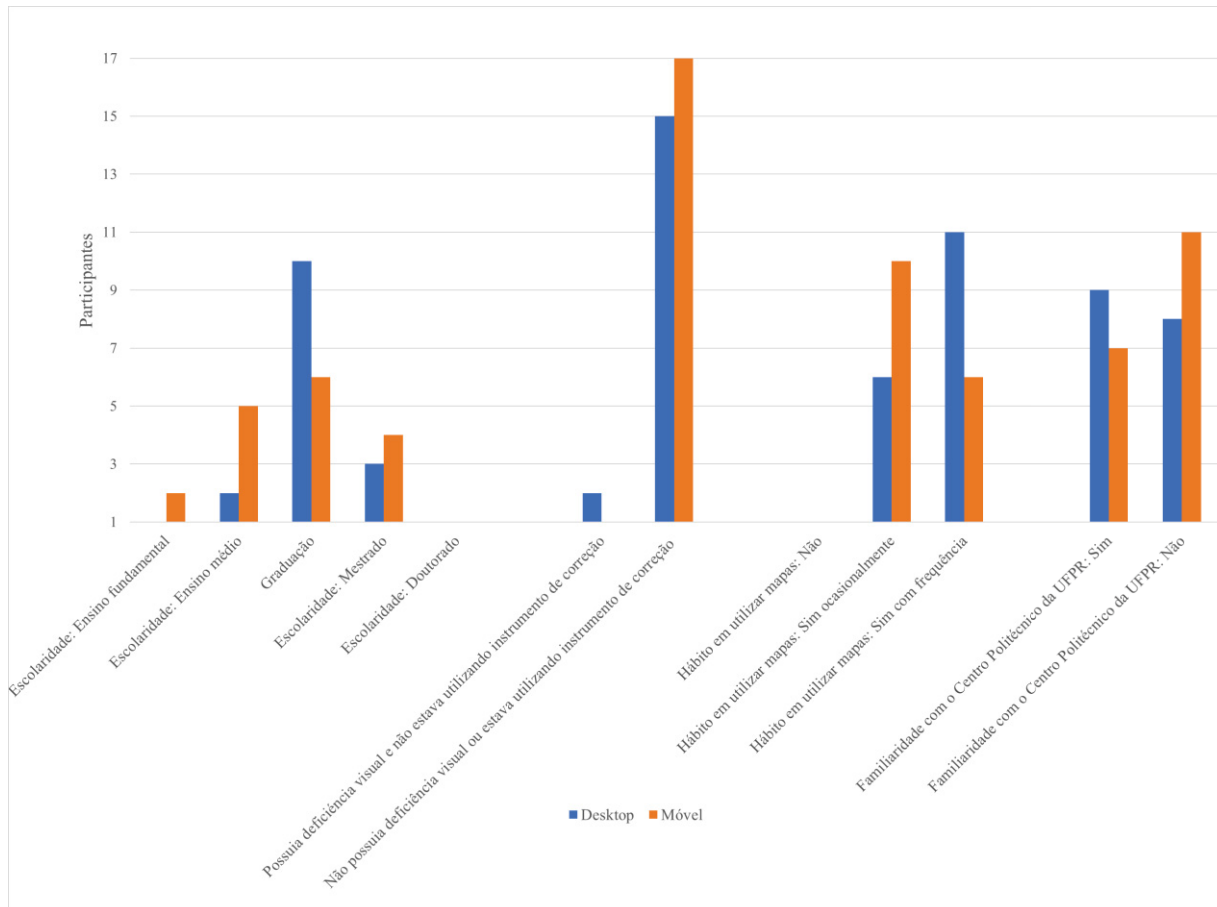
de aplicação dos testes, através de anotações de palavras chaves ou pequenas frases em tempo real, caso ocorresse novamente perda de dados da gravação, os pontos chaves da entrevista não seriam inviabilizados evitando perdas de dados, desperdício de tempo e voluntários.

Por fim, é fundamental o moderador manter a postura o mais neutra possível, interferindo o mínimo possível nos diálogos e nas respostas dos participantes. Somente em casos excepcionais de silêncio profundo, foram necessárias interrupções durante a realização do teste. Este é um ponto que diverge fortemente do protocolo *Think Aloud*, que idealmente não deve realizar qualquer intromissão, porém a realização da avaliação de usabilidade totalmente remota está sujeita a desafios e limitações que não ocorreriam em situações que acontece a proximidade física do moderador e do voluntário. O local escolhido para ser aplicado os testes deve ser preferencialmente com boa iluminação e silencioso. Outro fator importante é a postura corporal, sempre de forma ereta, com boa aparência, utilizando roupas adequadas, prezando pelo respeito ao voluntário que está dispondo seu tempo e conhecimento, para colaborar com o desenvolvimento de um sistema com maior usabilidade.

4.3 RESULTADO DO TESTE QUESTIONÁRIO

Os resultados são apresentados sempre de forma compilada e generalizada. A caracterização dos voluntários considerou a experiência na plataforma analisada, grau de educação formal, frequência de uso de mapas e dispositivo que foi portado para realizar o teste. O TCLE foi respondido por 100% dos participantes, aceitando participar da pesquisa de forma totalmente voluntária, consentindo com a gravação de som e vídeo e respondendo às questões com base na solução das tarefas. Foram compilados e analisados os dados coletados de 34 participantes. A (FIGURA 14) apresenta gráficos com a caracterização dos usuários que participaram do teste, categorizados de acordo com o dispositivo de acesso.

FIGURA 14 – CARACTERIZAÇÃO DOS USUÁRIOS TESTADOS



FONTE: O AUTOR (2021).

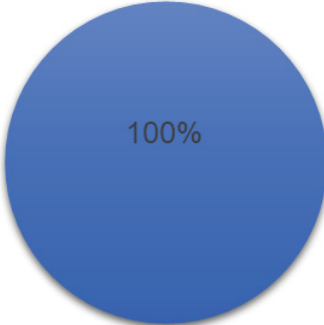
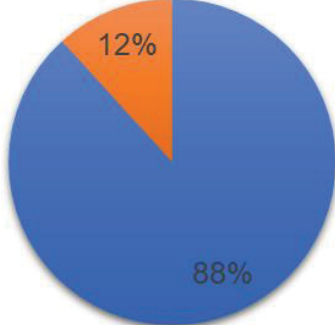

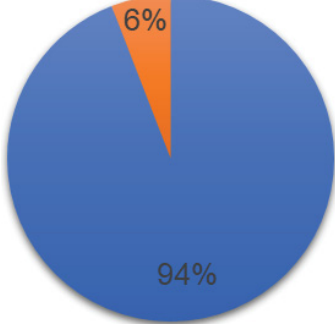
Ao todo 34 voluntários participaram do questionário deste total 17 pessoas utilizaram dispositivo *desktop* para acessar o UCM e completar o teste, destes 6% possuíam ensino fundamental, 12% possuíam ensino médio, 59% nível de graduação, 17% mestrado e 6% doutorado. No quesito área de formação profissional, os participantes afirmaram atuar como Engenheiro Agrônomo 18%, Engenheiro Cartógrafo e Agrimensor 73% e Engenheiro Civil 9%. Os participantes que possuíam deficiência visual e não estavam utilizando instrumento de correção no momento do teste, correspondiam a 12%, os que não possuíam deficiência ou estavam utilizando instrumento de correção correspondiam a 88%. Quando questionados sobre a familiaridade com o Centro Politécnico da UFPR, 53% possuíam familiaridade e 47% não. Quando foi perguntado sobre o hábito em utilizar mapas, 35% dos participantes ocasionalmente utilizam e 65% utilizam com frequência.

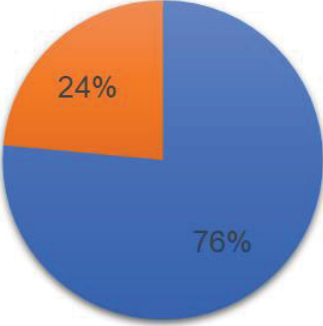
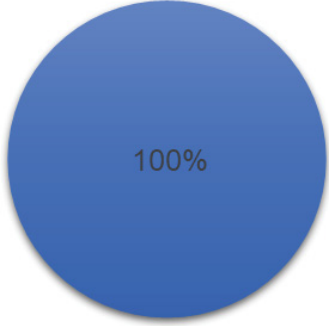
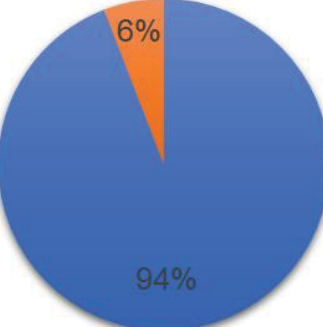
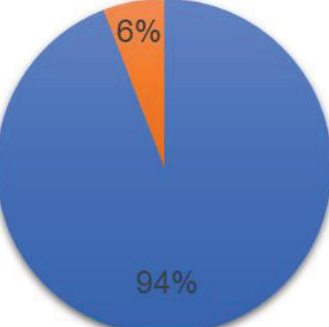
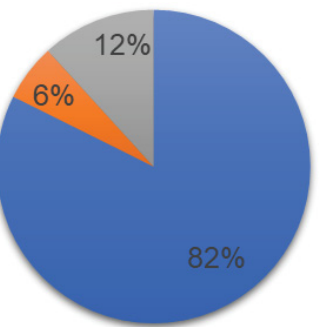
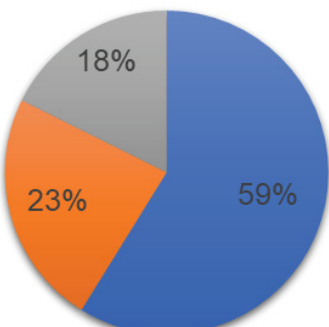
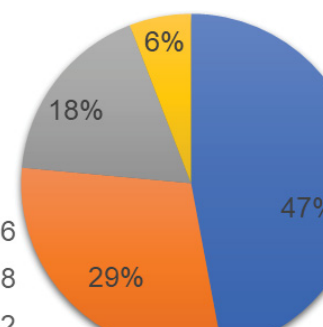
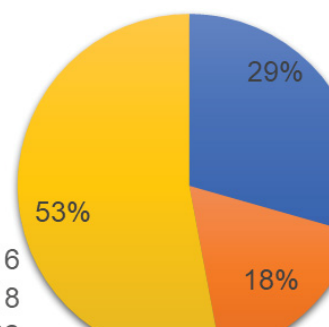
Os outros 17 participantes utilizaram dispositivo móvel para acessar o UCM, destes 6% possuíam ensino fundamental, 28% possuíam ensino médio, 33% nível de graduação, 22% mestrado e 11% doutorado. No quesito área de formação profissional, os participantes relataram atuar como Engenharia Florestal 10%, Engenheiro Cartógrafo e Agrimensor 60%, Empresário

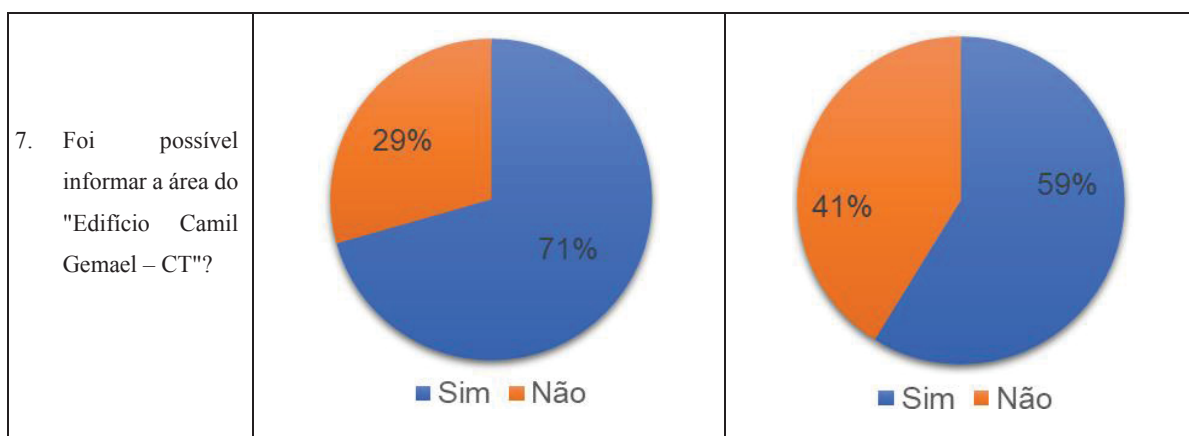
10%, Físico 10% e Tecnologia da Informação 10%. Os participantes que não possuíam deficiência ou estavam utilizando instrumento de correção durante o teste, correspondiam a 100%. Quando questionados sobre a familiaridade com o Centro Politécnico da UFPR, 39% possuíam familiaridade e 51% não. Quando foi perguntado sobre o hábito em utilizar mapas, 59% dos participantes ocasionalmente utilizaram, 35% utilizaram com frequência e 6% não possuíam o hábito.

O QUADRO 12 contém gráficos que possuem correspondência com os resultados das tarefas utilizadas na avaliação das funcionalidades do UCM. Ao todo 17 voluntários solucionaram as tarefas utilizando dispositivo *desktop* e outros 17 utilizaram dispositivo móvel para acessar e interagir com os recursos do UCM. As tarefas utilizadas para aplicação do questionário estão descritas na TABELA 3. O questionário foi dividido em 3 conjuntos de questões e, ao final de cada conjunto foi aplicado o NASA-TLX, cujos resultados e análises estão localizados no final da seção.

QUADRO 12 – RESULTADOS DAS QUESTÕES (TABELA 4), FUNCIONALIDADES DO UCM, PARTE 1

Dispositivo	<i>desktop</i>	móvel
1. É possível acessar o mapa?	 <p>100%</p> <p>■ Sim ■ Não</p>	 <p>88%</p> <p>12%</p> <p>■ Sim ■ Não</p>
2. É funcional a ampliação e redução do zoom do mapa?	 <p>100%</p> <p>■ Sim ■ Não</p>	 <p>94%</p> <p>6%</p> <p>■ Sim ■ Não</p>

<p>3. A barra de escala gráfica está bem visível?</p>	 <p>■ Sim ■ Não</p>	 <p>■ Sim ■ Não</p>
<p>4. Foi possível encontrar o "Edifício Camil Gemael – CT" dentro do contexto da UFPR pela ferramenta de pesquisa “Buscas”?</p>	 <p>■ Sim ■ Não</p>	 <p>■ Sim ■ Não</p>
<p>5. Foi possível no “Edifício Camil Gemael – CT” ativar a camada "INDOOR" e no 1º andar contar o número de salas existentes.</p>	 <p>■ Sim ■ Não ■ Parcialmente</p>	 <p>■ Sim ■ Não ■ Parcialmente</p>
<p>6. Qual o número de salas que você contou no "Edifício Camil Gemael – CT"?</p>	 <p>■ 16 ■ 18 ■ 22 ■ Não encontrou o 1º andar</p>	 <p>■ 16 ■ 18 ■ 22 ■ Não encontrou o 1º andar</p>



FONTE: O AUTOR (2021).

Ao analisar os gráficos presentes no QUADRO 12 e comparar os resultados é perceptível que boa parte das tarefas solucionadas pelos participantes que utilizaram dispositivo *desktop* para acessar o UCM, foram assimiladas e receberam respostas distintas em comparação com as respostas das mesmas tarefas correspondentes aos participantes que utilizaram dispositivo móvel para acessar o UCM e interagir com as funcionalidades. Como pode ser observado nos gráficos da Questão 1, ao acessar o UCM utilizando dispositivo *desktop* 100% dos usuários conseguiram, porém com dispositivo móvel, inicialmente foi realizada por 88% dos participantes e 12% não conseguiram acessar. A Questão 2, correspondente a ampliação e redução de *Zoom*, foi executada com sucesso por 100% dos participantes que utilizaram dispositivo *desktop*, porém dos que utilizaram dispositivo móvel apenas 94% conseguiram.

Quando foi solicitado para definir a escala gráfica para um valor numérico aproximado de 10m, observando os resultados da Questão 3 foi constatado que ao utilizar dispositivo *desktop* 24% das pessoas não conseguiram visualizar a barra de escala gráfica, provavelmente ocasionado pela visualização da escala, que provavelmente foi confundida por elementos do mapa, provocado pelo tamanho da tela e maior riqueza de detalhes presentes na interface *desktop* conforme pode ser constatado na (FIGURA 15) demonstrando uma riqueza em elementos visuais. Os 100% dos usuários que utilizaram dispositivo móvel para interagir com a interface visualizaram a barra de escala gráfica.

FIGURA 15 – ACESSO E VISUALIZAÇÃO DA ESCALA GRÁFICA EM *DESKTOP*



FONTE: O AUTOR (2021).

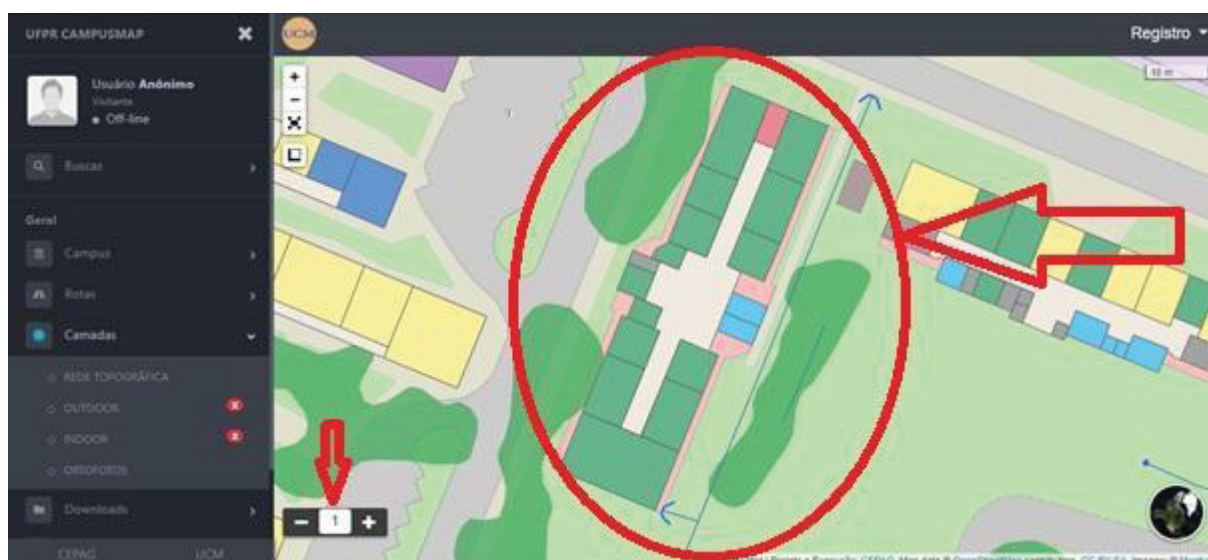
A proposta de encontrar o "Edifício Camil Gemael – CT" utilizando a ferramenta “Buscas”, está com seus resultados expressos na Questão 4, evidenciando que 94% das pessoas conseguiram realizar a tarefa com sucesso, 6% das pessoas não conseguiram realizar a respectiva tarefa, tanto para os usuários que foram testados utilizando dispositivo *desktop* para acessar a interface como para os que utilizaram dispositivo móvel.

A questão 5 indagou os participantes do teste a realizar a ativação da camada "INDOOR" e a contagem do número de salas do 1º andar do "Edifício Camil Gemael – CT", de acordo com os resultados obtidos com dispositivo *desktop*, ao todo 82% dos usuários testados conseguiram realizar a tarefa com sucesso, 6% não conseguiram realizar esta tarefa e 12% conseguiram realizar a tarefa de forma parcial. Os resultados dos usuários que utilizaram dispositivo móvel demonstraram que 59% dos participantes conseguiram realizar a tarefa com sucesso, 23% das pessoas não conseguiram realizar a tarefa e 18% conseguiram realizar a tarefa de forma parcial. Conforme pode ser constatado, houve expressivo aumento no número de pessoas que tiveram dificuldades para ativar a camada "Indoor" e mudar os pavimentos utilizando dispositivo móvel, em relação a utilização do UCM quando foi acessado por meio de dispositivo *desktop*.

A Questão 6 direcionou o usuário participante a informar o número de salas no 1º andar do "Edifício Camil Gemael – CT", nesta tarefa a resposta correta era “18 salas”, podemos observar uma diversidade de respostas, evidenciando a dificuldade na contagem das salas. Quando o acesso se deu por dispositivo *desktop*, apenas 29% dos participantes conseguiram acertar a resposta. Ao utilizar dispositivo móvel apenas 18% dos usuários conseguiram acertar

a resposta. Esta dificuldade em ambos dispositivos pode ser atribuída à confusão causada pela quantidade de cores que representa cada função que as respectivas salas cumprem no interior dos prédios da UFPR como pode ser conferido na (FIGURA 16), como por exemplo o banheiro representado na cor azul celeste, as salas de aula na cor verde, entre outras representações, provocando confusão nos participantes, principalmente quando se trata da distinção entre os compartimentos externos como telhados e calçadas, em relação às repartições internas. Da mesma forma que foi demonstrado com os resultados da Questão 5, evidenciando a necessidade de disponibilização de uma legenda ou *pop-up*, auxiliando os participantes a reconhecerem os compartimentos dos prédios e seus atributos.

FIGURA 16 – "EDIFÍCIO CAMIL GEMAEI – CT" COMPARTIMENTOS INDOOR, 1º ANDAR

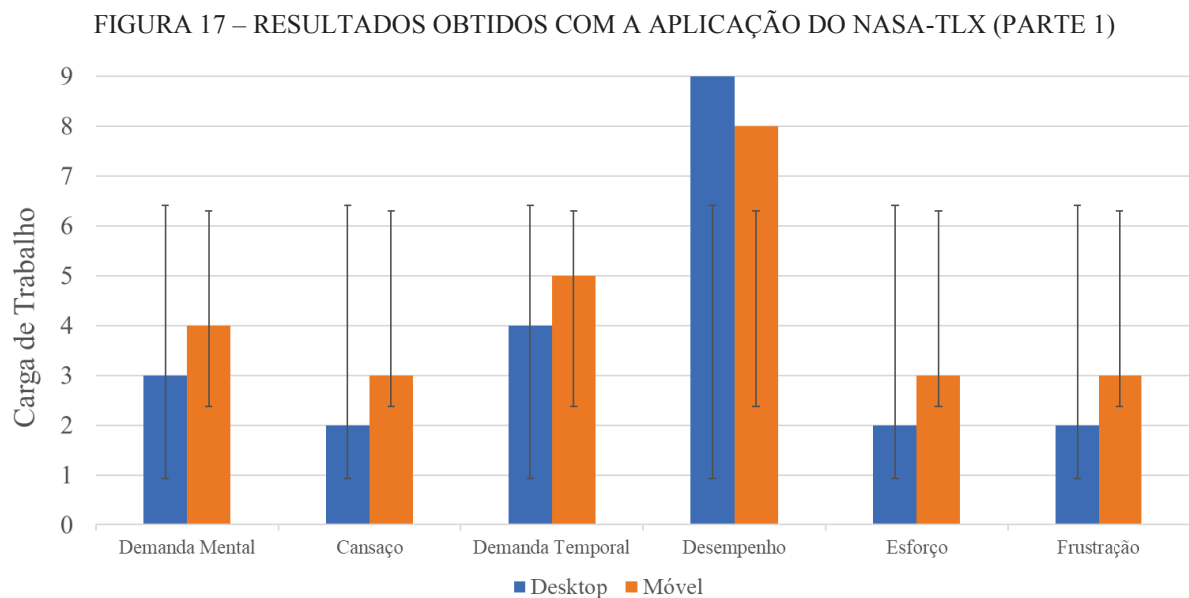


FONTE: O AUTOR (2021).

A Questão 7 propôs aos participantes utilizar a ferramenta de medição de distâncias e áreas, realizando as medições no "Edifício Camil Gemael – CT", os resultados demonstraram que dos usuários que utilizaram dispositivo *desktop* para acessar o UCM, o total de 71% afirmou ter conseguido utilizar a ferramenta e realizar a medida, porém 29% dos usuários afirmaram não conseguir. Os usuários que utilizaram dispositivo móvel para acessar o UCM, 59% afirmaram ter conseguido utilizar a ferramenta e realizar a medida, porém ao todo 41% dos usuários afirmaram não conseguir. Os resultados demonstraram maior dificuldade em utilizar a funcionalidade quando o acesso é realizado em dispositivo móvel.

Os resultados expressos pelos participantes, por meio do questionário NASA-TLX demonstram o aumento relativo da carga de trabalho ao utilizar o UCM em dispositivos móveis, se for realizado uma comparação com as mesmas respostas dos participantes que utilizaram

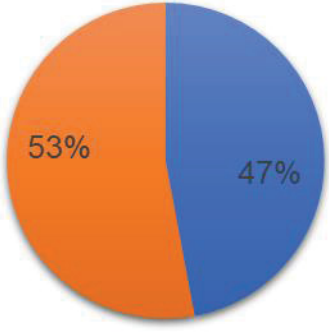
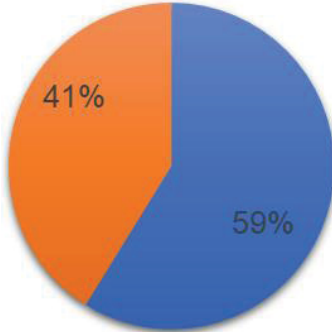
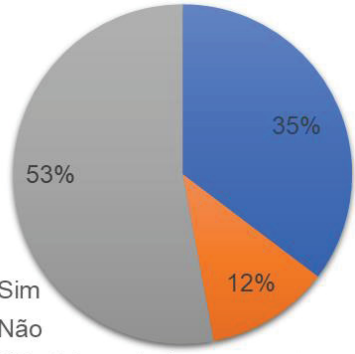
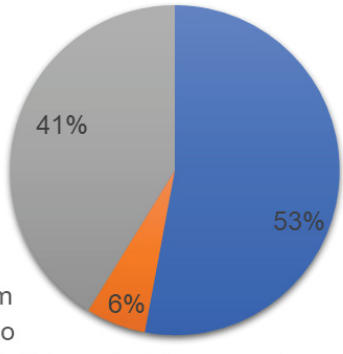
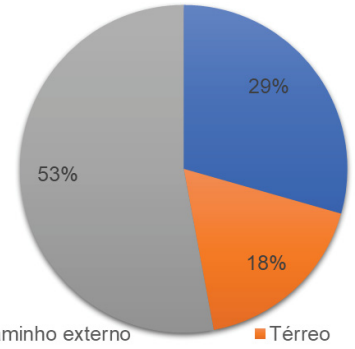
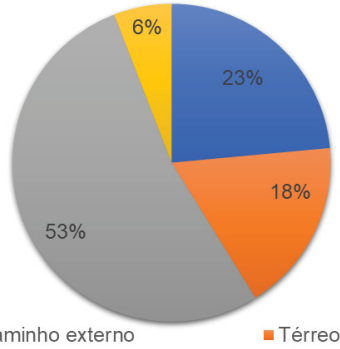
dispositivos *desktop*. Foi possível notar um aumento relativo na “Demanda Mental”, aumento no “Cansaço”, aumento na “Demanda Temporal”, diminuição do bom “Desempenho”, igualdade no “Esforço” e aumento na “Frustração”. De modo geral, os participantes relataram ter maior carga de trabalho ao solucionar as tarefas utilizando dispositivo móvel em relação aos participantes que utilizaram dispositivo *desktop*. A (FIGURA 17) apresenta os gráficos com os resultados quantitativos obtidos com a aplicação do NASA-TLX, categorizados de acordo com o dispositivo de acesso. O questionário NASA-TLX foi respondido por 34 pessoas, das quais 17 utilizaram dispositivo móvel e 17 acessaram o UCM utilizando dispositivo *desktop*. As colunas do gráfico foram formadas a partir de medianas, representando o valor central dos pesos atribuídos a carga de trabalho. As barras de erros nas colunas do gráfico informam os desvios padrões dos respectivos pesos.

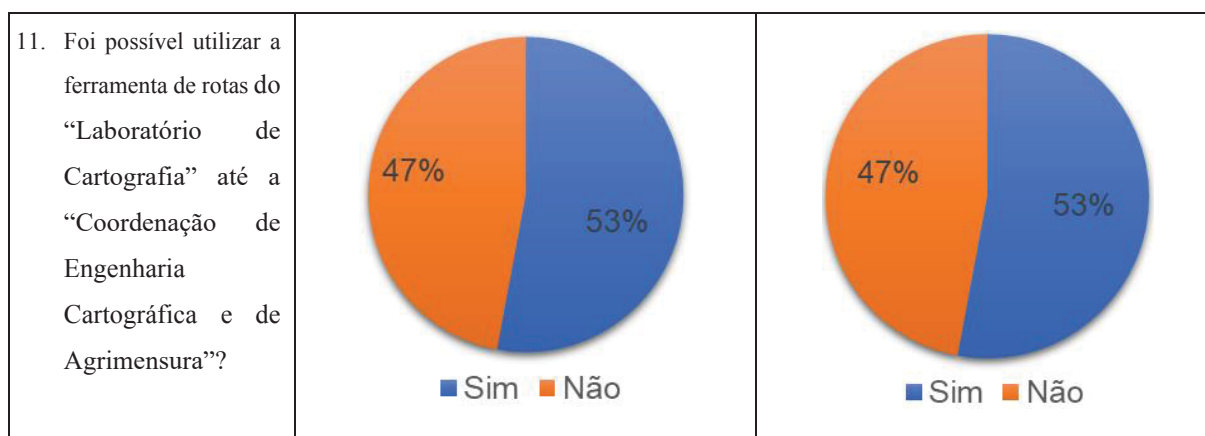


FONTE: O AUTOR (2021).

Os resultados encontrados referentes a carga de trabalho apresentam elevado desvio padrão, o que sugere maior dispersão dos dados e aponta para diferenças na utilização de ambos dispositivos de acesso, o que também pode ser constatado pela diferença nas magnitudes das colunas de ambos dispositivos de acesso. A segunda parte do questionário foi composta por quatro perguntas, onde as respostas foram demonstradas por gráficos de pizza conforme pode ser constatado no QUADRO 13 utilizando dispositivo *desktop* e móvel para acessar e interagir com as funcionalidades do UCM, após a solução destas tarefas, os participantes foram convidados a responder o questionário NASA-TLX. As tarefas aplicadas estão descritas na TABELA 3.

QUADRO 13 – RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO (PARTE 2)

Dispositivo	desktop	móvel
8. Foi possível utilizar a ferramenta de rotas do “Laboratório de Cartografia” até o “Auditório Leo Grossmann” com o UCM?	 <p>■ Sim ■ Não</p>	 <p>■ Sim ■ Não</p>
9. Foi possível compreender o significado das cores atribuídas a cada trecho da rota?	 <p>■ Sim ■ Não ■ Não foi possível traçar a rota</p>	 <p>■ Sim ■ Não ■ Não foi possível traçar a rota</p>
10. Qual o significado que a cor "PRETA" representa na rota?	 <p>■ Caminho externo ■ Térreo ■ Não foi possível traçar a rota ■ Corredores</p>	 <p>■ Caminho externo ■ Térreo ■ Não foi possível traçar a rota ■ Corredores</p>



FONTE: O AUTOR (2021).

Os participantes foram convidados a utilizar a ferramenta de “Rotas”, Questão 8, traçando um caminho com origem no “Laboratório de Cartografia” indo até o “Auditório Leo Grossmann”. Ao utilizar dispositivo *desktop* para acessar a interface, 47% dos participantes afirmaram terem conseguido traçar a rota e 53% afirmaram não terem conseguido traçar a rota. Em relação a utilização do dispositivo móvel para acessar e utilizar o UCM, os resultados demonstraram que 59% dos usuários conseguiram traçar a rota e 41% afirmaram não ser possível traçar a rota. Estes resultados demonstraram o aumento no número de usuários que conseguiram traçar a rota utilizando dispositivo móvel para acessar a respectiva funcionalidade, em comparação com a mesma tarefa solucionada por participantes que utilizaram dispositivo *desktop*.

A Questão 9 questionou o usuário sobre a compreensão do significado das cores atribuídas a cada trecho da rota. As respostas referentes ao acesso da interface por meio de dispositivo *desktop* demonstraram que 35% das pessoas afirmaram compreender, 12% admitiram não compreender e 53% assumiram não terem conseguido traçar a rota, sendo coerentes com as respostas atribuídas à Questão 8. As respostas dos participantes que utilizaram dispositivo móvel para acessar a interface demonstraram que 53% afirmaram compreenderem o significado, 6% admitiram não compreender o significado das cores das rotas e 41% assumiram não ser possível traçar a rota, mantendo coerência com as respostas atribuídas para a mesma tarefa solucionada pelos usuários que utilizaram dispositivo *desktop*, sugerindo que a compreensão do significado da simbologia demonstra problemas semelhantes em ambos dispositivos.

A Questão 10 solicitou aos participantes informar qual o significado que a cor “PRETA” representa na rota. A resposta correta é o “Térreo”, pode ser observado que entre os usuários que utilizaram dispositivo *desktop* para acessar a interface, apenas 18% responderam de forma

correta a pergunta, 29% dos voluntários afirmaram de forma equivocada que a cor “PRETA” representa o caminho externo e 53% não conseguiram se quer traçar a rota. Relacionado aos usuários que utilizaram dispositivo móvel para interagir com a interface 18% dos usuários responderam de forma correta à pergunta, 23% dos afirmaram de forma equivocada que a cor “PRETA” representa o caminho externo, 53% não conseguiram traçar a rota e 6% acreditaram ser corredores. Respostas semelhantes às que foram atribuídas no dispositivo *desktop*, sugerindo a necessidade de ser consultado os significados dos símbolos existentes nos mapas, como por exemplo disponibilizar legenda ou *Pop-up*.

A Questão 11 estimulou o participante a repetir a utilização da ferramenta “Rotas” traçando um caminho com origem no “Laboratório de Cartografia” e destino na “Coordenação de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura”. Os resultados obtidos com os usuários participantes que acessaram a interface com dispositivo *desktop* demonstram que 47% admitiram não conseguir traçar a rota e 53% dos participantes conseguiram traçar a rota, nesta tarefa é perceptível que houve um sucesso maior em relação. Por outro lado, os resultados obtidos com os participantes que acessaram a interface com dispositivo móvel demonstraram que 47% dos usuários não conseguiram traçar a rota e 53% conseguiram traçar a rota, nesta tarefa é perceptível que houve um sucesso levemente maior do que em relação à Questão 8. Os resultados são idênticos aos atribuídos pelos participantes que utilizaram dispositivo *desktop*.

Com o propósito de extrair *feedbacks* dos participantes e opiniões a respeito das funcionalidades da “Rota” foi elaborada a Tarefa 12, coletando opiniões dos participantes que foram expostas na TABELA 9.

TABELA 9 – COMENTÁRIOS DOS PARTICIPANTES SOBRE A REALIZAÇÃO DAS TAREFAS RELACIONADAS A ROTAS (QUESTÃO 12)

Participante	Comentários dos participantes sobre as tarefas relacionadas a rotas
	<i>desktop</i>
1	“O menu lateral não precisa fechar automaticamente, a ferramenta exige que a busca pelo local seja realizada e somente depois a rota, é desnecessário. Não existe legenda para as cores de rota e pontos de marcação.”
2	“Não consegui realizar as pesquisas.”
3	“Automatizar as rotas sem que haja a necessidade de selecionar o prédio a cada pesquisa.”
4	“Não está traçando rotas.”
5	“Falta uma indicação com os significados das cores. A ferramenta de rotas não é muito prática.”
6	“Após colocar os locais de origem e destino na busca de rotas e clicar no botão “Buscar rota”, nada aconteceu.”

7	“Na verdade, quando foi inserido os nomes dos locais e cliquei no botão “Buscar rotas”, nada aconteceu.”
8	“A ferramenta de Rotas não funcionou.”
9	“Simplesmente não é traçado a rota.”
10	“Poderia ser feito de forma diferente os traçados <i>outdoor</i> um traçado contínuo e <i>Indoor</i> com traçado pontilhados, as cores das rotas em geral estão muito agressivas se possível suavizar um pouco, poderia ter descrição na rota quando é segundo andar ou térreo, os contornos dos prédios poderiam ser mais evidentes. Está bom e funcional, mas na primeira tarefa não identifiquei as salas seus números. E o mapa por si só está com visual um pouco agressivo.”
11	"Ocorre um mal funcionamento das rotas, exemplo divergência entre Laboratório de Cartografia e acesso a casa de máquinas Laboratório de Geodésia".
móvel	
1	“Não foi possível visualizar a rota, minha internet estava funcionando normalmente”
2	“Foi preenchido todos os dados, mas foi inválido. Não foi possível traçar a rota”
3	“Tem que ter uma internet boa, para acessar o UCM. Se o mapa fosse em forma aplicativo no <i>Google Play Store</i> facilitaria para quem tem internet ruim”
4	“Na página de entrada do UCM o texto UFPR CampusMap está cortado no meu dispositivo, pela disposição dos elementos (nesta página http://www.campusmap.ufpr.br). Creio que a localização da “Coordenação de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura” esteja errada”
5	“Não consegui traçar a rota”
6	“Achei ruim realizar esta operação pelo celular”
7	“Com relação a rota do Laboratório de Cartografia até o Auditório Leo Grossmann a cor preta estava interna em locais internos. A mesma cor foi usada na área externa indo do Laboratório até a coordenação. Acredito que a cor deveria ser diferente caso o meu entendimento esteja correto”

FONTE: O AUTOR (2021).

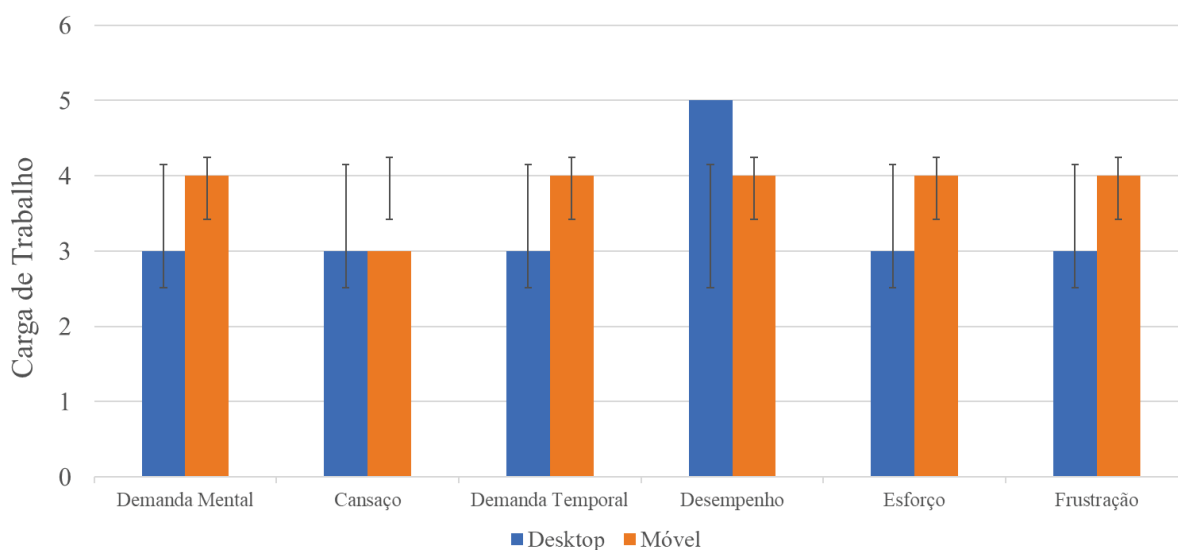
As opiniões dos participantes expostas na TABELA 9, corroboram com as informações contidas nos gráficos do QUADRO 13 reforçando a necessidade de ser melhor estruturada a ferramenta de “Rotas”. Com destaque para o fato de o menu lateral se ocultar automaticamente, na busca dos pontos de interesse e ao concluir a rota o menu não se ocultar automaticamente. A própria necessidade de buscar cada ponto de interesse e somente depois ter a possibilidade de realizar a rota, o mais viável seria evitar ações desnecessárias por parte dos usuários, simplificando a busca através da diminuição da carga de trabalho. Outro fator que precisa ser considerado é disponibilizar uma legenda ou *pop-up* para possibilitar aos usuários do UCM o relacionamento cognitivo das cores das rotas e pontos de marcação com a verdade do campo.

Resultados semelhantes foram encontrados por Mendonça (2009), ao afirmar que o excesso de interações necessárias para utilizar a ferramenta de rotas, torna a funcionalidade

pouco amigável, principalmente em usuários menos experientes. O ideal é que o *design* interativo da ferramenta de rotas se assemelhe a ferramentas populares como o *Google Maps*, que já possui um *framework* popularizado e que apresenta boa aceitação por parte dos usuários.

Os resultados expressos no teste NASA-TLX reforçaram um sutil aumento na carga de trabalho ao utilizar o UCM em dispositivos móveis, ao ser feita uma comparação das respostas do mesmo teste de carga de trabalho aplicado nas funcionalidades testadas em dispositivos *desktop*. Analisando as respostas é possível notar que aumentou a percepção por parte dos usuários do UCM, de que é mais oneroso utilizar o dispositivo móvel para traçar rotas do que utilizar dispositivo *desktop*, com exceção da “Frustração” que foi sentida com maior intensidade pelos participantes que utilizaram dispositivo *desktop*. A (FIGURA 18) apresenta os gráficos com os resultados quantitativos obtidos com a aplicação do NASA-TLX, categorizados de acordo com o dispositivo de acesso. As colunas do gráfico foram formadas a partir de medianas, representando o valor central dos pesos atribuídos a carga de trabalho. As barras de erros nas colunas do gráfico apresentam o desvio padrão dos pesos.

FIGURA 18 – RESULTADOS OBTIDOS COM A APLICAÇÃO DO NASA-TLX (PARTE 2)

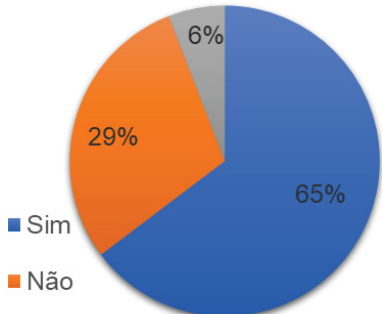
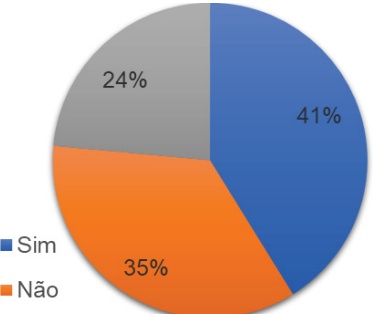
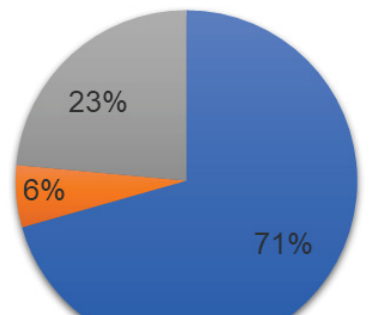
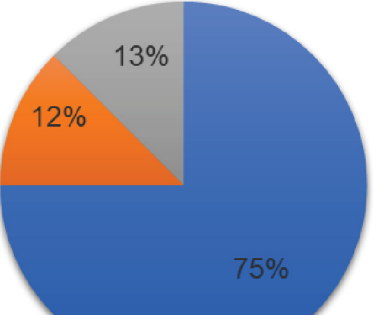
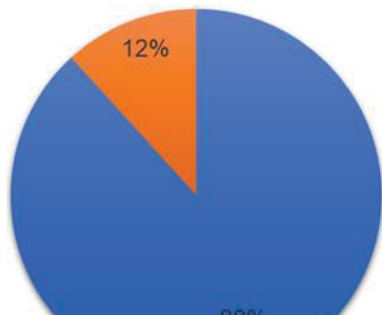
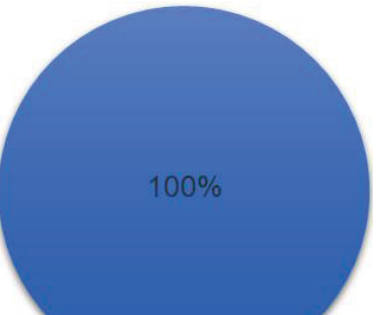


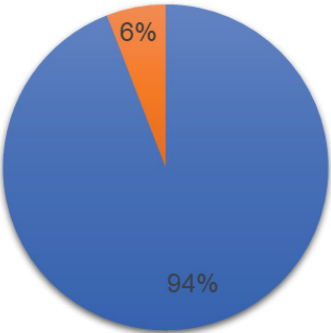
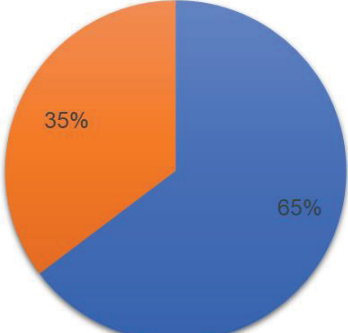
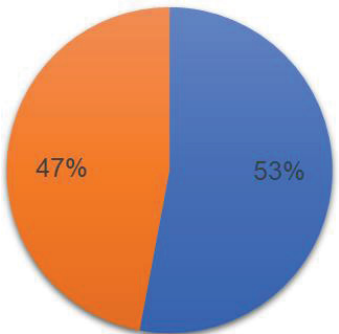
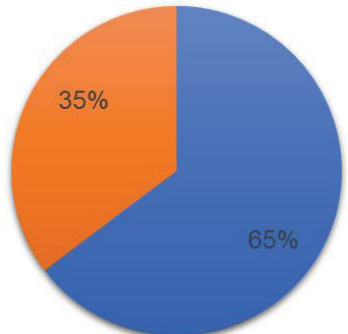
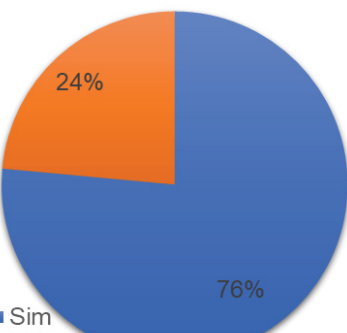
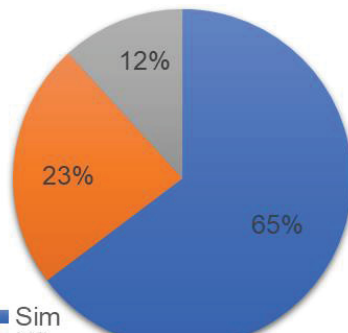
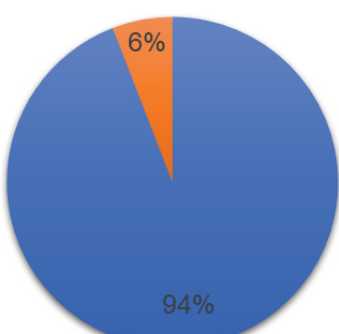
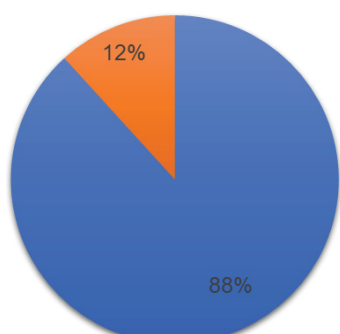
FONTE: O AUTOR (2021).

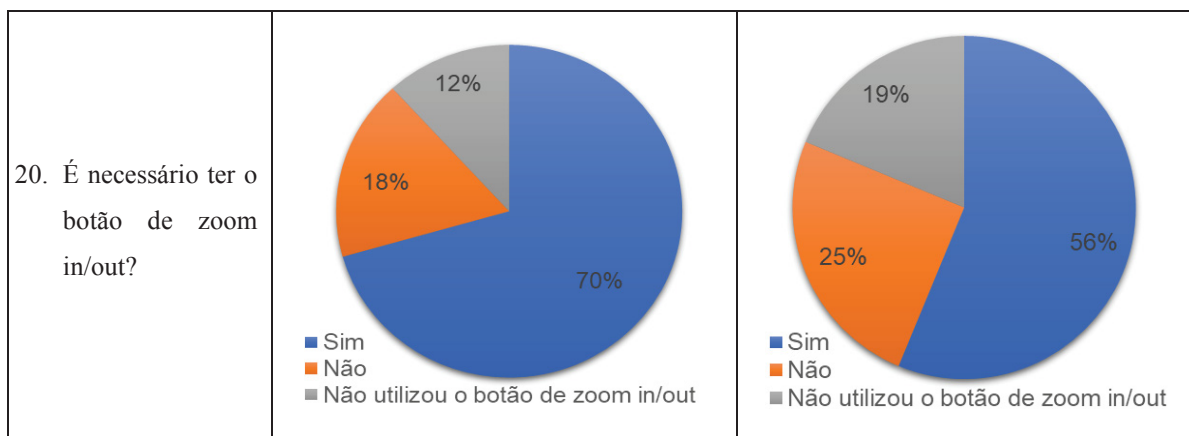
Os resultados encontrados na (FIGURA 18) referentes a carga de trabalho apresentam baixo desvio padrão sugerindo menor dispersão dos dados e diferenças na utilização de ambos dispositivos de acesso, o que pode ser constatado pela sutil aumento na carga de trabalho demonstrada pelos usuários que utilizaram dispositivo móvel. O QUADRO 14 é composto por um conjunto de respostas expressas no formato de gráficos de pizza. Cada gráfico representa

uma tarefa disponibilizada e respondida pelos participantes, utilizando dispositivo *desktop* e móvel. As tarefas aplicadas estão descritas na TABELA 3.

QUADRO 14 – RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO (PARTE 3)

Dispositivo	<i>desktop</i>	móvel
13. Ao acessar e realizar pesquisas em “Buscas” e “Rotas”, você limpou os resultados?	 <p>■ Sim ■ Não ■ Não possui o hábito de limpar pesquisas anteriores</p>	 <p>■ Sim ■ Não ■ Não possui o hábito de limpar pesquisas anteriores</p>
14. Ao utilizar as ferramentas de “Buscas” e “Rotas”, a função de preenchimento automático ajudou o usuário quando a consulta foi inserida?	 <p>■ Sim ■ Não ■ Parcialmente</p>	 <p>■ Sim ■ Não ■ Parcialmente</p>
15. O menu que contém as ferramentas de “Busca” e “Rotas” está bem localizado?	 <p>■ Sim ■ Não</p>	 <p>■ Sim ■ Não</p>

<p>16. Foi possível realizar o login?</p>	 <p>■ Sim ■ Não</p>	 <p>■ Sim ■ Não</p>
<p>17. Foi possível realizar download deste dado?</p>	 <p>■ Sim ■ Não</p>	 <p>■ Sim ■ Não</p>
<p>18. A localização do menu “Registro” (para realizar Login, Cadastro, Ajuda e Sair) é adequada?</p>	 <p>■ Sim ■ Não ■ Não encontrou o menu</p>	 <p>■ Sim ■ Não ■ Não encontrou o menu</p>
<p>19. Os textos presentes na interface estão legíveis?</p>	 <p>■ Sim ■ Não</p>	 <p>■ Sim ■ Não</p>



FONTE: O AUTOR (2021).

Ao acessar a interface do UCM utilizando dispositivo *desktop* e realizar pesquisas utilizando as ferramentas de “Buscas” e “Rotas”, conforme os resultados correspondentes a Questão 13, ao todo 65% dos usuários limpam os resultados, 29% dos usuários não limpou os resultados e 6% dos usuários que utilizam, as funcionalidades do UCM não possuem o hábito de limpar pesquisas anteriores. Ao utilizar o dispositivo móvel para acessar a interface do UCM e realizar pesquisas utilizando as ferramentas de “Buscas” e “Rotas”, 41% dos usuários limpou os resultados, 35% não realizaram a limpeza dos resultados e 24% dos usuários testados não possuem o hábito de limpar pesquisas anteriores. É possível constatar um aumento na quantidade de participantes que utilizaram dispositivo móvel para acessar o UCM e que não possuem hábito de limpar pesquisas anteriores, portanto quando o participante realiza uma tarefa e na sequência outra, a interface preferencialmente deve prover a limpeza dos dados de forma automatizada.

Conforme os resultados da Questão 14, os participantes que utilizaram as ferramentas de “Buscas” e “Rotas” no dispositivo *desktop*, a função de preenchimento automático auxiliou 71% dos participantes, 6% relataram não terem sido auxiliados pelo auto completar e 23% foram auxiliados por este facilitador de buscas de forma parcial. Quando a interface foi acessada por dispositivo móvel a função de preenchimento automático auxiliou 75% dos usuários com a função autocompletar, 12% relataram não terem sido auxiliados e 13% dos usuários foram auxiliados por este facilitador de buscas de forma parcial. Segundo Alleoni (2013), o sucesso de uma interface que envolve inserção de dados e buscas pode ser associado ao *feedback* direto do autocompletar das palavras que o equipamento forneceu aos usuários. Os resultados são semelhantes aos obtidos com a utilização do UCM acessado em dispositivo *desktop*.

Conforme os resultados da Questão 15 ao todo 88% dos participantes que utilizaram dispositivo *desktop* para acessar o UCM, afirmaram que o menu que contém as ferramentas de

“Busca” e “Rotas”, está em boa localização e para 12% dos participantes não está bem localizado. Quando o acesso se deu por dispositivo móvel 100% dos participantes afirmaram que a localização do menu que contém as ferramentas de “Busca” e “Rotas” está em um local adequado, os resultados demonstram melhora na percepção dos usuários que utilizaram dispositivo móvel para acessar o UCM em comparação com os resultados obtidos a partir do acesso da interface em dispositivo *desktop*.

A Questão 16 foi aplicada com o propósito de testar o acesso em mais recursos disponíveis no UCM realizando *Login*. Conforme o resultado coletado com os usuários que acessaram e interagiram com a interface utilizando dispositivo *desktop*, 94% dos participantes conseguiram realizar *Login* e 6% não conseguiram realizar, demonstrando boa taxa de acerto. Quando o acesso se deu por dispositivo móvel 65% dos participantes conseguiram realizar *Login* e 35% não conseguiram realizar. Demonstrando aumento na dificuldade de visualização e utilização desta funcionalidade em dispositivo móvel, em comparação com os resultados obtidos com o acesso do UCM em dispositivo *desktop*. Sugerindo que o menu “Registro” ao ser utilizado no dispositivo móvel é problemático

Após realizar o *Login* os participantes foram orientados a fazer o *download* dos dados vetoriais Questão 17, conforme os resultados obtidos a partir da utilização da interface por meio de dispositivo *desktop* que 53% dos participantes conseguiram realizar *download* em relação a 47% dos participantes que afirmam não terem conseguido realizar o respectivo *download*. Em comparação ao acesso aos recursos da interface por meio de dispositivo móvel 65% dos usuários conseguiram realizar *download* em relação a 35% que não conseguiram realizar o *download*. No dispositivo móvel foi maior o número de acerto ocasionado principalmente devido a tela do dispositivo ser menor, corroborando com os resultados obtidos com o acompanhamento de uso, que durante a solução da tarefa os usuários acabavam clicando em cima do mapa aleatoriamente em tentativas e erros, encontrando o arquivo despropositadamente.

Relacionado a localização do menu “Registro” no dispositivo *desktop*, conforme o os resultados Questão 18 o total de 76% das pessoas afirmou estar em boa localização e 24% afirmaram não estar em boa localização. Quando questionados sobre a localização do menu “Registro” no dispositivo móvel, constatou-se que 65% dos usuários afirmaram estar bem localizado e 23% reiteraram não estar em boa localização e 12% dos usuários não encontraram o menu. Relacionado a localização do menu “Registro” os resultados demonstraram índices de respostas negativas mais elevados em comparação com os resultados obtidos com a utilização

do dispositivo *desktop*, revelando insatisfação por parte dos usuários do UCM quando acessaram o respectivo menu, utilizando dispositivo móvel.

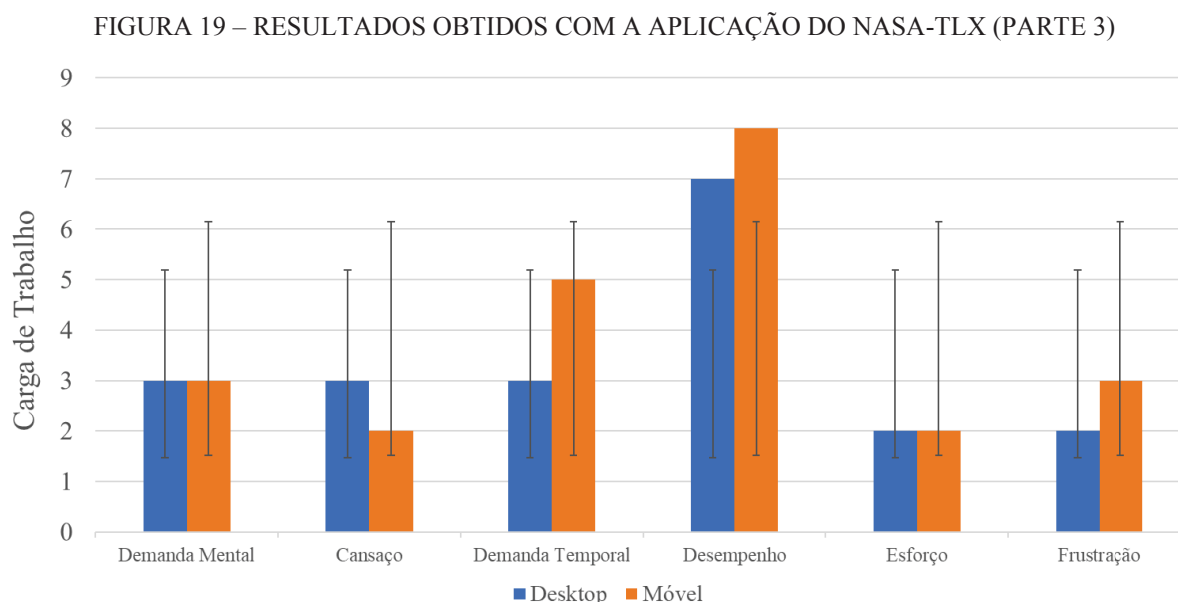
Com relação aos textos e palavras presentes na interface acessada por dispositivo *desktop* pode ser constatado a partir dos resultados da Questão 19 que 94% dos participantes afirmaram estarem bem legíveis e 6% afirmaram o contrário, negando a boa legibilidade. Quando o acesso na interface foi realizado com dispositivo móvel, os resultados demonstraram que 88% dos usuários testados afirmaram estarem bem legíveis e 12% afirmaram o contrário. Os resultados demonstraram um decréscimo de respostas positivas quando a interface foi utilizada com acesso por dispositivo móvel, em relação aos resultados obtidos com a utilização do UCM acessada em *desktop*.

Por fim foi questionado sobre a necessidade da presença de botão *zoom in/out* na interface do UCM em dispositivos *desktops*, conforme os resultados da Questão 20, cerca de 70% dos participantes preferem a permanência da ferramenta, 18% acreditam não ser necessário esta funcionalidade e 12% não utilizaram o botão de *zoom in/out*. Quando o acesso e interação se deram, por dispositivo móvel, cerca de 56% dos usuários defenderam a permanência da ferramenta, 25% acreditam não ser necessário e 19% não utilizaram o botão de *zoom in/out*. Estes resultados demonstram uma diferença significativa em relação aos resultados obtidos com a utilização desta funcionalidade no dispositivo *desktop*. Corroborando com os dados coletados com o teste acompanhamento de uso, que no qual a maioria dos usuários testados acreditam ser obsoleto a permanência do *zoom in/out* na interface quando acessada em dispositivo móvel.

A pergunta número 19 foi formulada com o propósito de indagar os usuários sobre a necessidade do botão de *zoom in/out*. Após a aplicação do teste foi constatado que a mesma deveria indagar se o usuário utilizou a respectiva funcionalidade ao longo das tarefas. Caso não tivesse utilizado provavelmente afirmaria que a funcionalidade não é necessária, caso contrário afirmaria que é importante manter a funcionalidade, independente do dispositivo de acesso.

Os resultados atribuídos ao NASA-TLX demonstram aumento da carga de trabalho ao utilizar o UCM em dispositivos móveis, realizado uma comparação com as respostas testadas em dispositivo *desktop* e que demonstrou diferenças em relação a carga de trabalho avaliado sobre o mesmo conjunto de funcionalidade, sendo constatado uma “Demanda Mental”, menor no dispositivo móvel do que no dispositivo *desktop*. Em relação ao “Cansaço”, foi mais elevado ao utilizar o UCM no dispositivo móvel. “Demanda Temporal”, segundo os participantes que utilizaram dispositivo móvel foi maior do que os participantes que utilizaram dispositivo *desktop*, ou seja, os usuários demoram mais para resolver as tarefas e interagindo com as

funcionalidades do UCM em dispositivo móvel, do que os usuários que utilizaram *desktop* para acessar o UCM e resolver as mesmas tarefas. O “Desempenho” sugere que os usuários acreditam terem melhor desempenho ao acessar o UCM em dispositivo móvel, do que os que utilizaram dispositivo *desktop*, tal resposta não condiz com os resultados atribuídos em boa parte das funcionalidades testadas em dispositivo *desktop* em comparação com as respostas atribuídas as funcionalidades testadas no dispositivo móvel. O “Esforço” demonstra uma diminuição em relação ao *desktop*. Os usuários acreditaram terem se esforçado menos para realizar as tarefas em dispositivos móveis do que os usuários em acessaram a interface em *desktop*. “Frustração”, sofre um aumento em relação ao *desktop*, as pessoas se sentiram mais frustradas ao resolver as tarefas acessando o UCM em dispositivo móvel, do que os usuários que utilizaram dispositivo *desktop*, para realizar o acesso e resolver as respectivas tarefas. A (FIGURA 19) apresenta os gráficos com os resultados quantitativos obtidos com a aplicação do NASA-TLX, categorizados de acordo com o dispositivo de acesso. As colunas do gráfico foram formadas a partir de medianas, representando o valor central dos pesos atribuídos a carga de trabalho sentida pelos participantes. As barras de erros nas colunas dos gráficos contêm o desvio padrão dos pesos atribuídos.



FONTE: O AUTOR (2021).

O gráfico correspondente a (FIGURA 19) apresenta resultados referentes a carga de trabalho, os quais apresentam elevado desvio padrão sugerindo maior dispersão dos dados e diferenças na utilização de ambos dispositivos de acesso, com pouca diferença na magnitude

das colunas que representam os usuários de ambos dispositivos de acesso. Outro fator que merece destaque é a elevação na percepção de “Desempenho” dos participantes que utilizaram tanto os dispositivos móveis quanto o *desktop*. A (FIGURA 19) corresponde à etapa final da aplicação do teste questionário, portanto os resultados sugerem que a capacidade cognitiva dos usuários em relação a utilização das funcionalidades do UCM apresentou mudanças no transcorrer dos testes, indicando menores níveis de carga de trabalho ao final dos testes, sugerindo que o participante demonstrou aprendizado ao longo do teste.

4.3.1 Questionário de satisfação e *feedback* do usuário

Conforme os resultados analisados, oriundos das notas atribuídas pelos participantes aos critérios relacionados a facilidade de interação e facilidade de cumprimento das tarefas, os resultados são coletados utilizando dispositivos *desktop* e comparados com os resultados obtidos com pessoas que utilizaram dispositivo móvel, demonstraram que estes acreditam ser mais fácil acessar e interagir com o UCM, do que utilizar dispositivo *desktop*, para acessar e interagir com as mesmas funcionalidades. Relacionado a “eficácia” e sendo realizado comparação entre a eficácia em utilizar as funcionalidades do UCM acessado a partir de dispositivo móvel é menor, do que acessar o UCM com dispositivo *desktop*. A “satisfação”, demonstra que os participantes que utilizaram dispositivo móvel, atribuíram pesos maiores, do que os valores que foram atribuídos pelos participantes que utilizaram dispositivo *desktop*. Teoricamente os participantes acreditam que acessar e utilizar as funcionalidades do UCM em dispositivo móvel é mais satisfatório do que acessar o UCM utilizando dispositivo *desktop*. A TABELA 10 contém algumas opiniões dos participantes, referentes a utilização do UCM em dispositivo *desktop* e móveis, as quais ressaltam principalmente as principais dificuldades que as pessoas encontraram ao utilizar a interface, também são destacados pelos participantes os pontos positivos da interface.

TABELA 10 – OPINIÕES PESSOAIS DOS PARTICIPANTES SOBRE AS TAREFAS SOLUCIONADAS EM DISPOSITIVO *DESKTOP*

Participante	Comentários dos participantes sobre a realização das tarefas
	<i>desktop</i>
1	"A interface é um projeto muito bom, uma ferramenta disponível para ser usada na localização de uma sala, laboratório ou similar simplifica os compromissos marcados ou tarefas que serão realizadas. Como sugestão, o modo de localização do usuário no momento de busca, criando uma rota a partir do mesmo. Ainda salientou a necessidade de legenda

	para as cores, pois não é de conhecimento de todos as cores recomendadas para interno/externos, saída/chegada."
2	Está tudo bem localizado na interface, exceto o botão de login e registro. Acho que deveria ficar junto ao menu principal. Com as opções de "login", "registro" e "continuar como anônimo".
3	"As tarefas realizadas tiveram importância para interpretar a interface no UCM. Como sugestão, verificar o item rotas e seu funcionamento."
4	"Acredito que a ferramenta de "Buscas e "Rotas" poderiam estar juntas. Ou então rotas ser uma extensão de busca (colocar o destino ser opcional na busca e, caso seja preenchido o campo, uma rota seria feita). O local para fazer login/registro precisa de destaque ou ser colocado próximo de onde se encontra o campo do usuário."
5	"Mapa digital bem realizado com uma interface fácil de compreender."
6	"Não consegui realizar a tarefa de rotas, pois "Buscar rotas" não traçava as rotas. No geral o programa é bem interativo, mas não encontrei muitas funcionalidades."
7	"Não é uma ferramenta tão intuitiva e fácil de usar. Traçar rotas é mais prático utilizando o <i>Google maps</i> . A ferramenta de <i>download</i> está muito escondida."
8	"A interface gráfica e as barras auxiliares são bem posicionadas, visíveis e intuitivas. O mapa possui um visual de fácil localização e com uma representatividade de cores perfeitamente adequadas. O único melhoramento sugerido é na opção de rotas, onde não consegui seguir o enunciado, todavia, pode ser falta de experiência no uso da ferramenta."
9	"Tive dificuldade de movimentar o mapa enquanto media a área do prédio, tanto que tive que começar a medir novamente, a camada que designa ortofotos às vezes permitia a visualização e às vezes não, não consegui traçar rotas entre os pontos designados. Também não consegui fazer o download do arquivo pedido."
10	"Gostei muito do UCM por ser de fácil utilização e compreensão."
11	"A interface é amigável, precisei de alguns instantes para entender o seu funcionamento. Apenas na busca quando coleí o nome dos locais percebi que quando tinha o nome do prédio (que coleí do formulário) as letras "CT" parecem que atrapalhavam a busca. Quando as retirei, a busca funcionou."
12	"Achei a interface bem agradável. Tive um pouco de dificuldade para encontrar e fazer o <i>download</i> do arquivo vetorial."
13	"É uma solução muito prática para navegarmos dentro do Campus, será muito útil para pessoas que não o conhecem. Acredito que o visual do UCM ainda está meio "cru" precisa de um polimento, para ficar mais amigável ao usuário, a ferramenta de Rotas não funcionou, a função de autocompletar textos funcionou parcialmente e não respondeu bem com acentos. A interpretação dos espaços internos sem legenda foi confusa. Fora os pequenos detalhes, vocês estão de parabéns!"
	"Quando pesquisado nas "Buscas" o "CT", indicou um edifício sem mapa indoor. Então procurei "Camil Gemaél" para encontrar o edifício correto. Procurei o "RU" que sei onde

14	fica, e também indicou outro edifício. Não aparece informações sobre os edifícios sem buscar, então não tem como saber o que é cada coisa sem efetuar buscas. Não realizou nenhuma rota. As opções de rotas ficam restritas ao preenchimento automático, pois não realizou nenhuma busca no campo. Em certo momento parou de funcionar a função de arrastar o mapa, enquanto realizava a tarefa das salas, atrapalhando a contagem. O que mais senti falta foi a possibilidade de saber que prédio ou sala é, enquanto passa o <i>mouse</i> em cima ou ao clicar. E esse método de avaliação com tarefas irrita mais do que a tarefa em si."
15	"É uma ferramenta de uso bem fácil e simples que é um ponto ótimo pois quando precisamos da informação o mais rápido e sem complicação é o melhor.
16	"O programa é fantástico, estou usando para pesquisa arqueológica. Está atualizado, obrigado."
17	"Achei interessante, acredito que se se tiver mais prática pelo usuário a tendência é melhorar e se familiarizar com o UCM."

móvel	
1.	"Como não consegui realizar algumas tarefas não posso avaliá-las, mas no geral achei uma ótima ferramenta, muito intuitiva, e com muitas ferramentas."
2.	"Está muito bom"
3.	"A ideia de realizar rotas buscas indoor na universidade, porém eu não tive êxito na maioria das tarefas, não sei se foi meu celular ou algo do próprio programa. Enfim, acredito que consertar esses pequenos detalhes será bastante útil, para novos ingressantes até para os visitantes que não estão familiarizados com o ambiente acadêmico."
4.	"Achei pesado para carregar o mapa, tinha que ter uma versão Lite, e tinha que estar disponível na Google Play Store"
5.	"Tive dificuldade em relação a interpretação das questões. Não tenho conhecimento em mapas e tive a sensação de não conseguir realizar completamente as tarefas."
6.	"Sem sugestões."
7.	"A WebGIS tem uma boa interface, amigável. Porém em um primeiro momento confundi a área de acesso ao registro com a área de acesso às aplicações e ferramentas."
8.	"Difícil de visualizar em que andar é indicado pela rota ou salas."
9.	"Tive dificuldade na realização da medição, não consegui fazer o login. O restante está bem fácil de se achar."
10.	"Muito bom e fácil de utilizar."
11.	"Está bom."
12.	"Acho uma ideia muito boa e o desenvolvimento é ótimo."
13.	"Achei interessante, limpo e organizado, fácil de utilizar apesar de problemas na criação das rotas, e no geral, uma ideia muito boa."
14.	"A iniciativa é maravilhosa, não vejo problemas, exceto que ele não traçou a rota como eu solicitava."

15.	“Não sei se o problema é meu celular ou a rede de Internet mesmo, mas a parte de rotas e da medida de área do edifício foram bem estressantes porque não funcionavam, provavelmente eu fiz algo errado.”
16.	“A interface UCM está bem elaborada e bem intuitiva. É uma ferramenta que pode contribuir muito principalmente para as pessoas visitantes do Centro Politécnico, uma vez que a locomoção entre os blocos é um tanto quanto árdua. Desta forma essa ferramenta pode contribuir e facilitar a locomoção. O ponto que considero que deveria ser modificado é onde tem a palavra usuário deveria ser substituído por login para que ficasse de forma mais direta. Mas, caso isso venha trazer muitos problemas e demandar muito tempo, não precisa ser modificado.”
17.	“As rotas devem ser aprimoradas.”

FONTE: O AUTOR (2021).

As opiniões dos participantes expostas na TABELA 10, corroboram com os resultados analisados e discutidos, salientando pontos fracos e fortes do UCM acessado em dispositivo móvel, como a ocorrência de aumento expressivo no número de pessoas que tiveram dificuldades para ativar a camada "*Indoor*" e alterar os pavimentos, em relação ao dispositivo *desktop*. Os resultados atribuídos a função “Medir áreas e distâncias”, demonstraram maior complexidade quando a funcionalidade é utilizada nos dispositivos móveis, em comparação com os resultados dos participantes que utilizaram dispositivos *desktop*. Traçar rotas em dispositivo móvel demonstrou maior sucesso, do que os usuários que utilizaram dispositivo *desktop*, apesar de que em ambos os dispositivos foi elevado o número de pessoas que não conseguiram realizar as rotas. Os resultados relacionados a atribuição de significado com as cores das rotas, foi pouco assertivo tanto em dispositivos *desktop* como móveis, sendo necessário atribuir significados aos símbolos existentes nos mapas, como legenda e *Pop-up*. Sobre o hábito de limpar pesquisas anteriores, é possível constatar um aumento na quantidade de usuários que utilizaram dispositivo móvel para acessar o UCM e não possuem hábito de limpar textos digitados e buscas realizadas. A função de preenchimento automático auxiliou mais pessoas que utilizaram dispositivo móvel para acessar o UCM do que pessoas que utilizaram dispositivos *desktop*.

Todos os participantes que utilizaram dispositivo móvel relataram como boa a localização do menu que contém as ferramentas de "Buscas" e "Rotas". Por outro lado, o menu “Registro” ao ser utilizado no dispositivo móvel demonstrou aumento no nível de dificuldade de sua visualização e utilização em relação aos resultados obtidos com o acesso do UCM no dispositivo *desktop*. A execução de *download* dos dados vetoriais no dispositivo móvel demonstrou maior número de acerto em comparação com os resultados da mesma tarefa

executada em dispositivo *desktop*, com base nos resultados obtidos com a aplicação do acompanhamento de uso a ocorrência desta diferença é associado aos usuários que acabavam clicando em cima do mapa em tentativas e erros, encontrando o arquivo despropositadamente, sendo ajudados pelo fato da tela do dispositivo móvel ser menor que o *desktop*, reduzindo a área útil de possibilidades de cliques. Na localização do menu "Registro" foi verificada elevado número de respostas negativas em comparação com os resultados obtidos na utilização do dispositivo *desktop*, sugerindo alteração na simbologia do respectivo menu, ou mesmo alteração em sua localização. Em relação aos textos presentes na interface, os resultados demonstraram que o maior número de pessoas afirmou estarem bem legíveis. Sobre a necessidade de ter um botão de *zoom in/out* no UCM em dispositivos móveis a maioria dos participantes acham desnecessário.

De modo geral, os participantes relataram ter maior dificuldade ao solucionar as tarefas utilizando dispositivo móvel em relação aos participantes que utilizaram dispositivo *desktop*. Este fato pode ser reforçado com os resultados obtidos com a comparação dos resultados obtidos a partir da aplicação do questionário NASA-TLX, nos quais em geral os usuários relataram sentir maior carga de trabalho ao acessarem o UCM em dispositivos móveis. Conforme os resultados relacionados a “Facilidade de interação e facilidade de cumprimento das tarefas”, coluna, “eficácia”, “eficiência” e “satisfação”. A facilidade de interação e facilidade de cumprimento das tarefas os resultados as pessoas que utilizaram dispositivo móvel acreditaram ser mais fácil acessar e interagir com o UCM, do que utilizar dispositivo *desktop*. A “eficácia” na solução de tarefas utilizando o UCM utilizando dispositivo móvel para acessar, é menor do que acessar o UCM com dispositivo *desktop*. Os participantes que utilizaram dispositivo móvel, atribuíram pesos maiores para a “satisfação”, em relação aos participantes que utilizaram dispositivo *desktop*. Como estas ferramentas de avaliação apresentam um certo grau de subjetividade, as respostas apresentam variações, estando expostas a sentimentos do participante como humor, irritação e pressa por exemplo, portanto os resultados práticos nem sempre acompanharam os resultados teóricos atribuídos pelos usuários do UCM com destaque para “Facilidade de interação e facilidade de cumprimento das tarefas”, “eficiência” e “satisfação que receberam valores maiores dos usuários que acessaram o UCM utilizando dispositivo móvel. A utilização do questionário NASA - TLX para avaliar a carga de trabalho, possui forte relação com o fato de ser um método rápido e de baixo custo, permitindo identificar dificuldades em uso e na solução de alguma tarefa com o auxílio da interface do UCM.

4.3.2 Análise quantitativa dos resultados referentes às funcionalidades do UCM coletadas com questionário

Os resultados obtidos com a aplicação do método questionário foram submetidos ao tratamento estatístico ANOVA que informou se existia algum tratamento discrepante dentre os demais, para saber quais respostas são estatisticamente iguais ou diferentes entre si, foi aplicado o teste de Tukey a 1% de probabilidade. As análises das respostas ao número de acertos e erros que os participantes expressaram a partir da realização do questionário, demonstrou que existe diferença significativa no número de acertos e erros entre dispositivos *desktop* e móvel, os participantes que utilizaram dispositivo móvel para acessar o UCM demonstraram menor taxa de acerto. A maior porcentagem de acertos em dispositivos *desktop* colabora com as demais informações mencionadas no presente trabalho, tais quais identificam a maior facilidade em utilizar a plataforma UCM quando a interação é realizada por meio de dispositivo *desktop*. Os resultados quantitativos colaboraram com os resultados qualitativos, demonstrando que existem problemas de interação com as funcionalidades do UCM quando o acesso foi efetuado com dispositivo móvel, como destaque para as funcionalidades 5, 13, 16, e 20. Por outro lado, quando o acesso foi realizado por dispositivo *desktop* o teste estatístico apontou médias elevadas com destaque para a Funcionalidade 9. Com relação a Funcionalidades que apresentaram problemas em ambos os dispositivos de acesso ao UCM foram a 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 17. O tratamento estatístico está localizado na APÊNDICE 11.

4.3.3 Análise quantitativa dos dados coletados NASA-TLX, comparando os dispositivos de acesso com o nível de escolaridade dos usuários testados

Para melhor compreensão dos dados sobre a carga de trabalho percebida de forma subjetiva pelo usuário, foi realizada a comparação entre as notas atribuídas à carga de trabalho na realização dos testes pelos usuários testados no presente estudo. Sendo que para tal análise os entrevistados foram divididos dentro do seu grupo *desktop* ou móvel, por grau de escolaridade informado. Essa divisão permitiu que as médias de cada subgrupo formado pelo grau de escolaridade fossem analisadas.

Os resultados que possibilitaram as constatações das igualdades ou discrepâncias. São provenientes da comparação entre a carga de trabalho que os participantes relataram ao responder o (QUESTIONÁRIO, PARTE:1), respondido através de dispositivo *desktop* e móvel. O tratamento estatístico está localizado na APÊNDICE 12.

Tanto para a “Demanda mental” como para o “Cansaço” os participantes do teste que possuíam nível de formação doutorado obtiveram os melhores desempenhos em comparação aos demais, utilizando tanto dispositivo *desktop* como o móvel. Contudo em relação ao dispositivo o melhor desempenho corresponde aos participantes que utilizaram dispositivo *desktop*, em comparação aos que utilizam dispositivos móveis.

Relacionado a “Demanda temporal”, os participantes com nível de formação acadêmica doutorado apresentaram melhor desempenho. Com relação ao dispositivo móvel, ocorreu que os participantes com o nível de formação mestrado foram classificados com menor demanda temporal. Os participantes que utilizaram dispositivo móvel obtiveram menor demanda temporal, de acordo com suas avaliações subjetivas. A percepção de melhor “Desempenho” foi atribuída pelos participantes com grau de mestrado que utilizaram dispositivo *desktop* e pelos doutores que utilizaram dispositivo móvel. Ao comparar os dispositivos é constatada simetria, tanto nas respostas, dos participantes que utilizaram dispositivo *desktop* como os que utilizaram móvel, variando apenas o nível de formação escolar.

Relacionado ao "Esforço", participantes com grau de mestrado que utilizaram dispositivo *desktop* obtiveram melhores resultados, no dispositivo móvel os participantes com grau de formação doutorado apresentaram resultados com menor esforço. De modo geral, participantes que utilizaram dispositivos *desktop* acreditam ter se esforçado menos para interagir com as funcionalidades do UCM. A questão sobre “Frustração” demonstrou que o nível de formação entre os participantes não diferiu nos resultados, tanto os utilizando dispositivo *desktop* como móvel os participantes com grau de doutorado se sentiram menos frustrados ao interagir com as funcionalidades do UCM. Foi constatado que os participantes que utilizaram dispositivo móvel sentiram maiores níveis de frustração, em relação aos participantes que utilizaram dispositivo *desktop*.

Os resultados obtidos a partir da comparação entre a carga de trabalho que os participantes relataram após responder o (QUESTIONÁRIO, PARTE:2) através do NASA-TLX, utilizando dispositivo *desktop* e móvel em comparação com o nível de formação escolar. A tabela com os resultados do tratamento estatístico está localizada na APÊNDICE 13.

Referente a “Demanda mental” é possível afirmar que os participantes do teste que possuíam nível de formação doutorado obtiveram menor demanda mental em comparação aos demais. Os participantes que utilizaram dispositivo *desktop* relataram menor demanda mental, em relação aos participantes que utilizaram dispositivo móvel.

Relacionado ao "Cansaço", os participantes do teste que possuíam nível de formação doutorado obtiveram o melhor desempenho em comparação aos demais, utilizando tanto

dispositivo *desktop* como o móvel. Contudo os participantes que utilizaram dispositivo móvel tiveram os piores desempenhos em comparação aos participantes que utilizaram dispositivo *desktop*. Relacionado a “Demanda temporal” os participantes com nível de formação doutorado apresentaram melhor desempenho. Os participantes com o nível de formação mestrado são classificados com o melhor desempenho. Os usuários que utilizaram dispositivo móvel obtiveram o pior desempenho, de acordo com suas avaliações subjetivas.

A percepção de melhor “Desempenho” foi atribuída pelos usuários com graduação e que utilizaram dispositivos *desktop*. Os usuários que utilizaram dispositivo móvel e obtiveram melhores desempenho são os doutores. Os participantes que utilizaram dispositivo móvel acreditam terem alcançado os melhores desempenhos. Relacionado ao “Esforço”, participantes com grau de doutorado e que utilizaram dispositivo *desktop* obtiveram melhores resultados, assim como os participantes que utilizaram o dispositivo móvel. De modo geral, participantes que utilizaram dispositivo *desktop* acreditam ter se esforçado mais para interagir com as funcionalidades do UCM.

A questão sobre “Frustração” os melhores desempenhos foram atribuídos pelos participantes com mestrado e que utilizaram dispositivo *desktop*, os participantes que utilizaram dispositivo móvel e obtiveram melhores desempenho são os doutores. Foi constatado que os participantes que utilizaram dispositivo móvel sentiram menor níveis de frustração, em relação aos participantes que utilizaram dispositivo *desktop*.

Os resultados provenientes da comparação entre a carga de trabalho que os participantes relataram após responder o (QUESTIONÁRIO, PARTE:3) através do NASA-TLX, utilizando dispositivo *desktop* e móvel em comparação com o nível de formação. O tratamento estatístico está localizado na APÊNDICE 14.

Analizando os resultados obtidos com o ANOVA é notável que na “Demanda mental” os participantes do teste que por ventura possuíam nível de formação graduação obtiveram os melhores resultados ao utilizar dispositivo *desktop*. Em relação ao dispositivo móvel, os usuários que possuíam o nível de formação doutorado informaram ter menor demanda mental durante o teste. Os participantes que utilizaram dispositivo *desktop* afirmaram sentir menor demanda mental em relação aos participantes que utilizaram dispositivo móvel para realizar o teste. Com relação ao “Cansaço” os participantes que possuíam o nível de formação mestrado apresentaram os melhores desempenhos em relação aos demais quando foi utilizado o dispositivo de acesso *desktop*, quando o acesso ao mapa foi realizado utilizando dispositivo móvel o menor nível de cansaço foi atribuído aos participantes com nível de formação doutorado. Sobre o dispositivo de acesso é atribuído nível igual de cansaço, tanto para

participantes que utilizaram *desktop* como para os que acessaram o sistema por meio da utilização de dispositivo móvel.

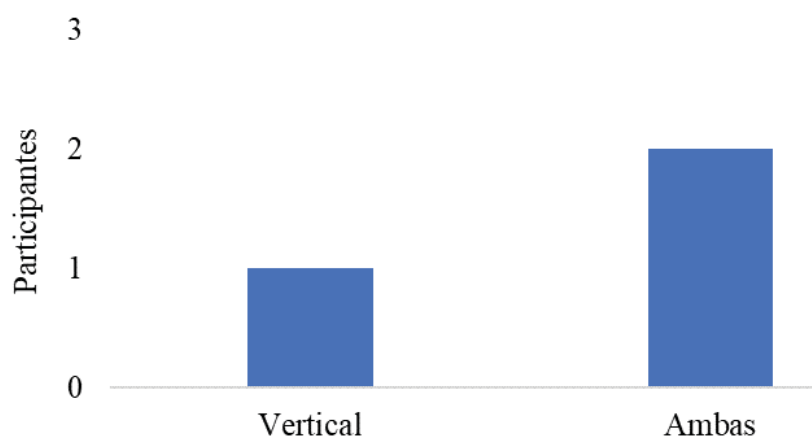
Relacionado a “Demanda temporal” os participantes com nível de formação doutorado apresentaram menor demanda temporal, ao acessar a interface com dispositivo móvel o melhor desempenho é atribuído aos participantes com nível de formação mestrado. Os participantes que utilizaram dispositivos *desktop* obtiveram melhor desempenho. A percepção de melhor “Desempenho” foi dos participantes que possuem mestrado e acessaram a interface com dispositivo *desktop*, por outro lado os participantes que utilizaram dispositivo móvel, o melhor desempenho pode ser atrelado aos participantes com doutorado. Os participantes que utilizaram dispositivos *desktop*, tiveram pior desempenho. Relacionado ao “Esforço”, os participantes com nível de formação doutorado e que utilizaram o dispositivo *desktop* e móvel para acessar o UCM demonstraram os melhores resultados. Os participantes que utilizaram dispositivo móvel se esforçaram menos para interagir com as funcionalidades do UCM.

A questão sobre “Frustração” os participantes que utilizaram dispositivo *desktop* e com nível de formação mestrado obtiveram os melhores resultados, ao utilizar dispositivo móvel, para acessar o UCM os participantes com doutorado sentiram menores níveis de frustração ao interagir com as funcionalidades do UCM. Os participantes que utilizaram dispositivos *desktop* sentiram maiores níveis de frustração, em relação aos participantes que utilizaram dispositivo móvel.

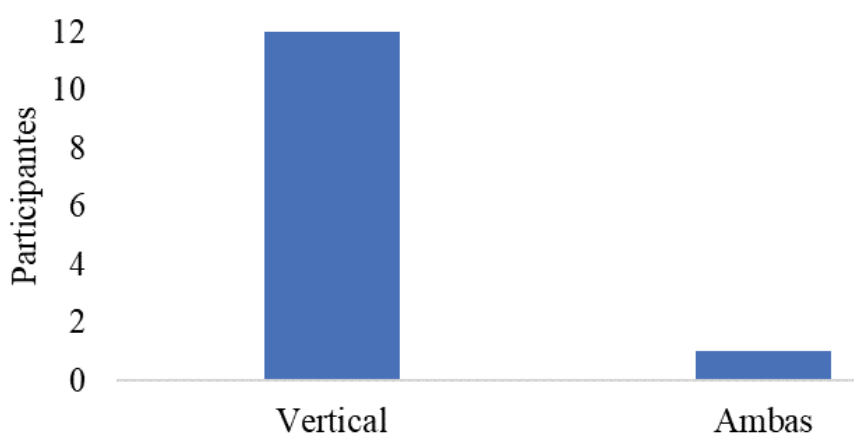
4.4 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO ERGONÔMICA EM DISPOSITIVOS MÓVEIS

A avaliação ergonômica foi aplicada a partir da avaliação heurística, acompanhamento de uso e aplicação do questionário online, os resultados coletados em ambos os métodos de teste estão expressos no formato de gráficos de colunas em porcentagem, onde os valores de cada categoria estatística representada são proporcionais às respectivas frequências e discutidos, As questões aplicadas estão descritas na TABELA 7. A (FIGURA 20) apresenta os resultados quantitativos obtidos com relação à questão sobre a posição em que os dispositivos móveis foram portados pelos usuários ao longo dos testes de usabilidade.

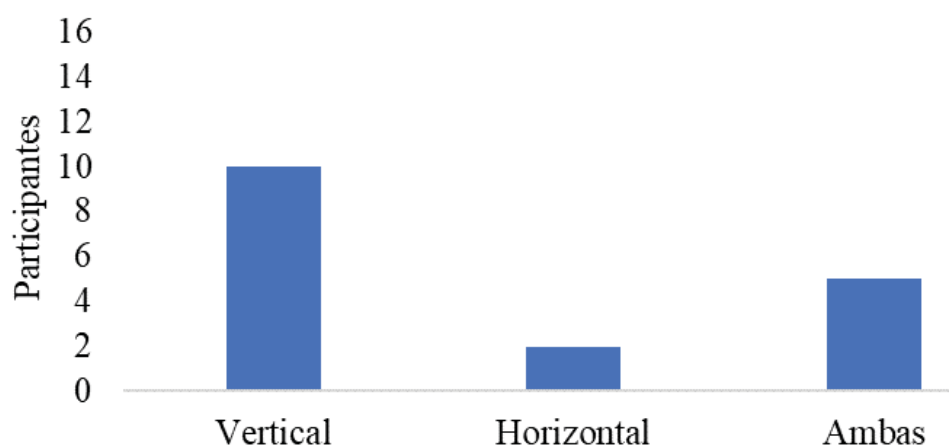
FIGURA 20 – POSIÇÃO QUE O DISPOSITIVO MÓVEL FOI PORTADO
Teste: Avaliação Heurística



Teste: Acompanhamento de uso



Teste: Questionário

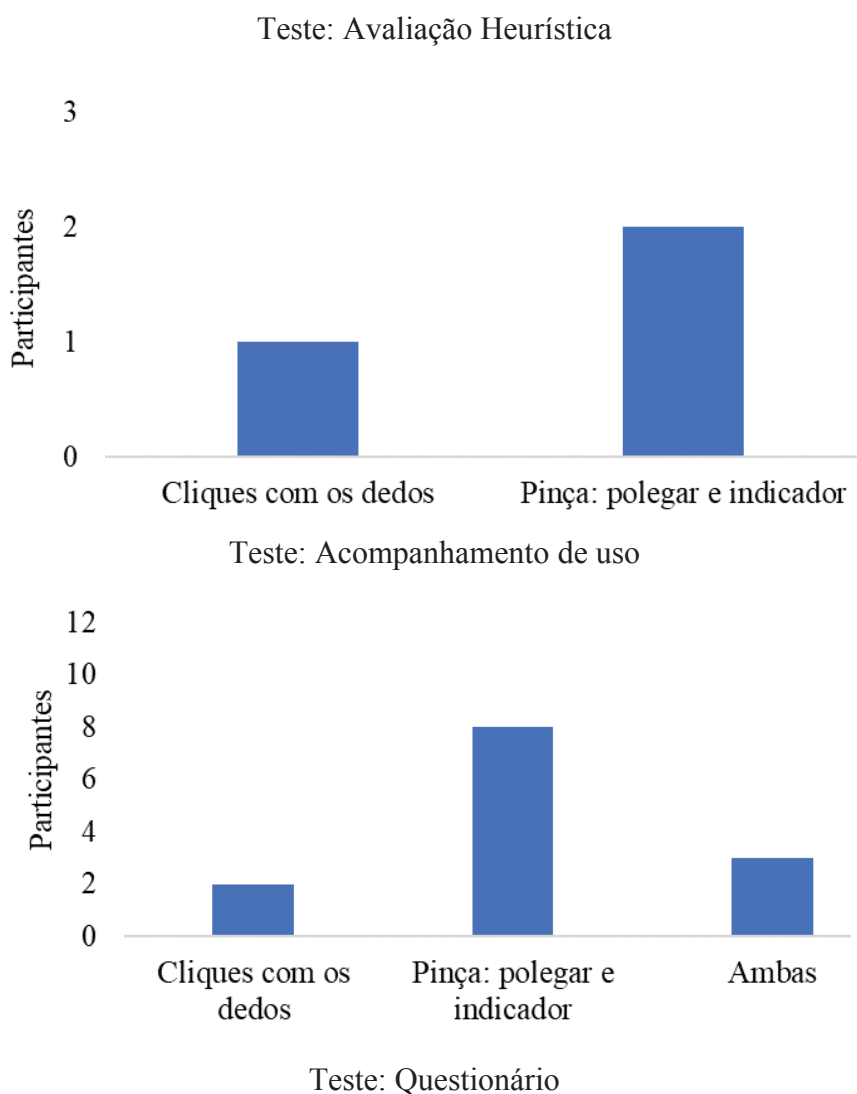


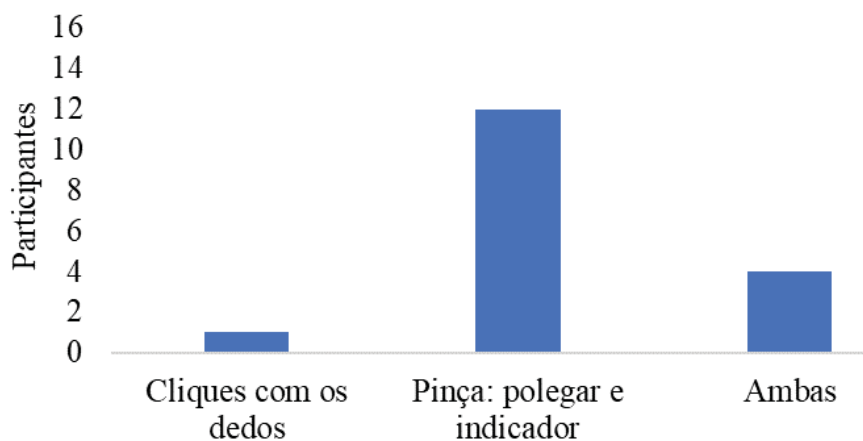
FONTE: O AUTOR (2021).

Conforme os resultados expressos na (FIGURA 20), é possível inferir que a maior parte das pessoas que participaram da pesquisa preferem utilizar seus dispositivos móveis na posição vertical, apenas a avaliação heurística demonstrou que a preferência ao acessar o UCM é variar a posição do dispositivo móvel, entre vertical e horizontal, contudo o número de pessoas que

realizaram a avaliação heurística é menor que o restante dos testes. A posição vertical foi majoritária devido a área útil maior disponível para representações ao longo de um eixo norte-sul, em detrimento do eixo Leste-Oeste como é afirmado por Mendonça (2013). Os resultados demonstram que a maior parte dos usuários preferem utilizar seus dispositivos móveis para acessar o UCM na posição vertical, sendo semelhantes aos atribuídos pelos voluntários que participaram do teste acompanhamento de uso. A (FIGURA 21) contém os resultados referentes à questão que abordou sobre alteração do *zoom* do mapa.

FIGURA 21 – MANEIRA QUE OS USUÁRIOS ALTERARAM O *ZOOM* NO MAPA



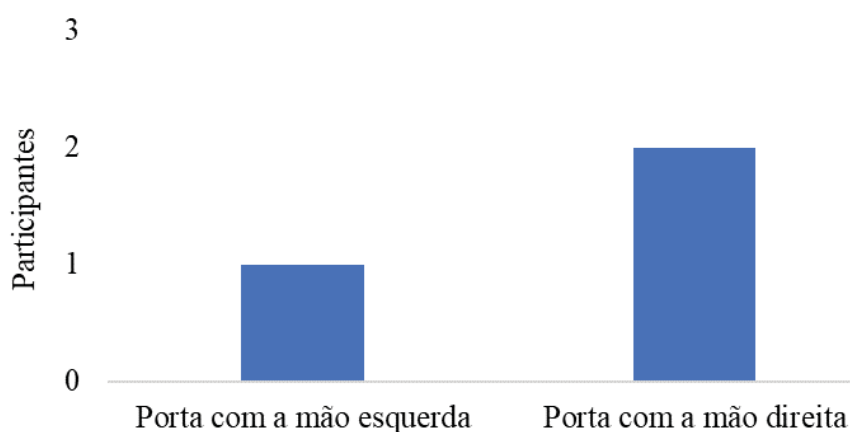


FONTE: O AUTOR (2021).

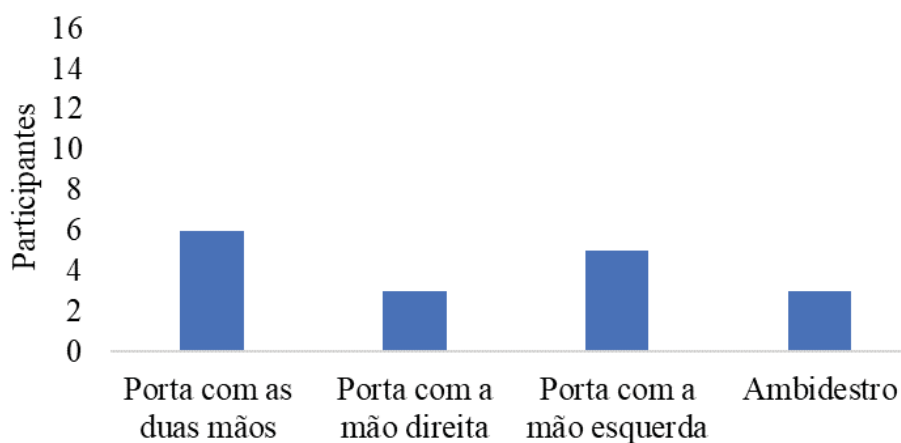
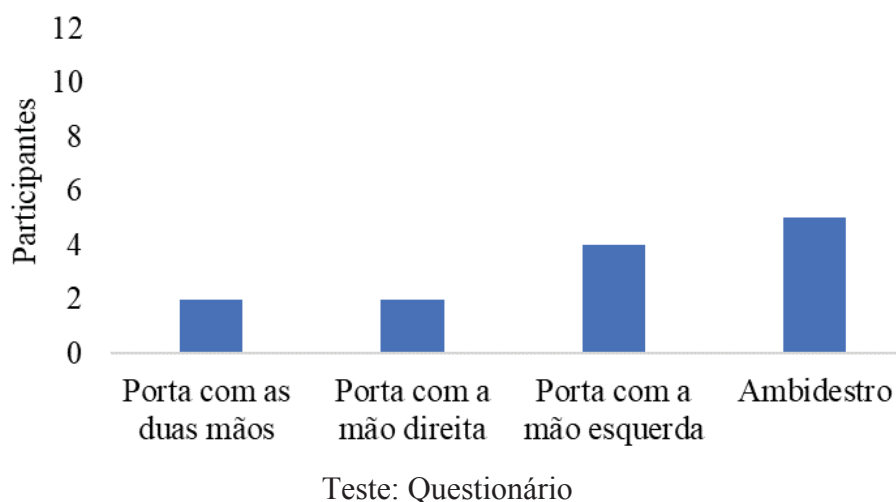
Ao serem indagados sobre alteração do *zoom* do mapa, de acordo com os resultados da (FIGURA 21), é possível constatar que a esmagadora maioria dos usuários que participaram do estudo preferem abrir os dedos como uma "pinça" quando utilizam dispositivos móveis. De acordo com Moscovitch e Hughes (2006), o uso de múltiplos dedos durante a interação facilita o controle durante a realização das tarefas e Mendonça (2013), sugere que o controle da orientação numa interação multitoque pode ser executado por uma mão. A (FIGURA 22) questionou os participantes a respeito da forma como é segurado o dispositivo móvel para navegar em mapas digitais.

FIGURA 22 – MANEIRA QUE FOI PORTADO O DISPOSITIVO MÓVEL

Teste: Avaliação Heurística



Teste: Acompanhamento de uso



FONTE: O AUTOR (2021).

Conforme os resultados apresentados na (FIGURA 22) é constatado que os participantes da avaliação heurística preferem utilizar a mão direita para segurar o equipamento e a esquerda para navegar. Os resultados do teste acompanhamento de uso demonstraram que a maioria do grupo amostral é "ambidestro", utilizando ambas as mãos para segurar o equipamento e navegar, ou são destros utilizando a mão esquerda para segurar o equipamento e a direita para navegar. E por fim os resultados coletados com o questionário demonstraram que a maioria dos usuários que participaram da pesquisa preferem segurar o dispositivo móvel com as duas mãos e navegar no mapa ao mesmo tempo, ou são destros utilizando a mão esquerda para segurar o equipamento e a direita para navegar. Durante aplicação do teste acompanhamento de uso foi possível estabelecer diálogos abertos com os usuários, o que possibilitou constatar indícios que os participantes destros tendem a demonstrar maior dificuldade ao utilizar o menu das ferramentas e a função de medição de área, devido ao fato destas funcionalidades se localizarem no canto esquerdo da tela, e ao segurar o dispositivo com a mão esquerda e utilizaram a mão

direita para interagir com as funcionalidades, causando interrupção na visualização do mapa provocando erros ao clicar em locais indesejados.

A avaliação heurística contou com o acréscimo de perguntas direcionadas a maior compreensão da interação física e ergonômica dos especialistas com a interface do mapa, como: “(a) O UCM possui botões com tamanho adequado ao clique?” 100% dos participantes especialistas afirmaram que sim. “(b) A navegação principal encontra-se na posição padrão dos aplicativos para esta plataforma?” 100% responderam sim. “(c) Os botões e controles podem ser facilmente acessados com qualquer uma das mãos?” Todos os especialistas afirmaram sim.

4.5 APERFEIÇOAMENTOS SUGERIDOS PARA OS REQUISITOS DO SISTEMA

Os resultados obtidos com os testes de usabilidade foram submetidos a uma avaliação qualitativa e quantitativa. Portanto, a avaliação quantitativa foi considerada para propor ajustes para os requisitos do sistema. Porém o que teve maior relevância para decisão foi a avaliação qualitativa dos resultados, obtida com a observação dos usuários resolvendo as tarefas com o acompanhamento de uso e com as respostas discursivas obtidas com aplicação do questionário e com a avaliação heurística possibilitando obter *feedback* dos especialistas.

Considerando a realização das tarefas referentes foi observada a utilização das funcionalidades do UCM pelos usuários, bem como a persistência de problemas ou erros que os usuários cometeram nos testes. Também foram considerados usuários que completaram as tarefas com sucesso. Utilizando estas premissas foram realizadas as sugestões consideradas necessárias quanto aos aperfeiçoamentos nos requisitos do sistema. Além disso, foram consideradas questões pontuais relacionadas à ergonomia. No QUADRO 15 estão apresentados os requisitos do UCM sugeridos para revisão considerando as avaliações de diferentes dispositivos de acesso.

QUADRO 15 – REQUISITOS DO UCM QUE NECESSITAM APERFEIÇOAMENTOS

Tipo de requisitos	Descrição	
	Dispositivo: <i>Desktop</i>	Dispositivo: Móvel
Requisitos não funcionais (RNF)		<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilização de App
Requisitos funcionais (RF)	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar escala legível • Disponibilizar ferramentas de consultas dos atributos dos nomes do edifício e ambiente indoor no mapa • Disponibilizar Legenda • Mudanças nos andares no ambiente Indoor 	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar a janela de ferramentas em menus disponíveis no sistema de forma oculta com acesso facilitado • Mudanças nos andares no ambiente Indoor

	<ul style="list-style-type: none"> ● Ferramentas de medição de distâncias e áreas ● Permitir a criação de rotas a partir de localização de elementos no mapa ● Mensagens de alertas ao usuário indicando erros e suas possíveis soluções ● Download de dados ● Função de “Autocompletar” textos 	<ul style="list-style-type: none"> ● Ferramentas de manipulação do mapa: i) Aproximar; ii) Afastar; iii) Aproximar para área ● Disponibilizar Legenda ● Ferramentas de medição de distâncias e áreas ● Permitir a criação de rotas a partir de localização de elementos no mapa ● Mensagens de alertas ao usuário indicando erros e suas possíveis soluções ● Download de dados ● Função de “Autocompletar” textos
--	--	---

FONTE: O AUTOR (2021).

A seguir é apresentada a motivação na qual foram propostas melhorias nos requisitos apresentados no QUADRO 15 e possíveis soluções para os problemas apontados, com base nos resultados obtidos com os testes, foi constatado que a barra de escala gráfica necessita estar disponibilizada de forma mais visível na interface *desktop*, foi recomendado aumentar seu tamanho e inclusive posicionar a escala no canto inferior direito da tela. O pequeno tamanho da escala demonstrou difícil assimilação pelos usuários, provocado principalmente pelas dimensões das telas de interfaces *desktop*, que geralmente são maiores e com mais informações visuais, podendo provocar confusão com os demais elementos do mapa. É indispensável acrescentar aos mapas mais informações sobre os ambientes *indoor* e *outdoor* como legenda ou *pop-up*, auxiliando os usuários a reconhecer os significados através das cores que representam os compartimentos dos prédios e seus atributos. Alterar o design da ferramenta de mudanças de andares, adicionando uma descrição ou título a ferramenta, em sua atual versão a funcionalidade, pois foi confundida com os botões de *Zoom in/out*.

Disponibilizar ferramentas de consultas para os atributos, como os nomes de edifícios e salas dos ambientes *indoor*, é recomendado disponibilizar fotos contendo os elementos principais dos prédios como fachadas, entradas, saídas e demais pontos que possam servir como referência. Como no formato de uma legenda ou *pop-up*, que possa auxiliar os usuários a reconhecerem os significados através das cores que representam os compartimentos dos prédios e seus atributos. Sobre a ferramenta de medição de distâncias e áreas é recomendado trocar o símbolo atual que é um “Esquadro” por uma “Régua”. Outro fator que merece alteração é a cor do polígono de medida, durante a coleta de vértices como deixar em “vermelho”, visando aumentar o contraste em relação aos demais elementos do mapa, também é indispensável disponibilizar uma opção de voltar como por exemplo “Ctrl+Z” quando ocorre falhas nas

medições, exemplo coleta de vértices errados. Também é fundamental flexibilizar a movimentação do mapa e da caixa com as informações das medidas, enquanto é realizada as medições.

Permitir a criação de rotas a partir de localização de elementos no mapa precisa ser aprimorado, como facilitar o processo que necessita a busca dos pontos de interesse e somente depois ter a possibilidade de realizar a rota, o mais viável seria evitar ações desnecessárias por parte dos usuários, simplificando a busca através da diminuição da carga de trabalho. Outro fator que precisa ser considerado é também disponibilizar uma legenda ou *pop-up* possibilitando aos usuários do UCM relacionarem cognitivamente as cores de rota e pontos de marcação com a verdade do campo de forma simples.

A apresentação de mensagens de alertas ao usuário indicando erros e suas possíveis soluções precisa estar em pleno funcionamento, estruturadas de forma funcional disponibilizando aos usuários a opção de “Ajuda”, incluindo vídeos de pequenas durações, ensinando como utilizar as principais funcionalidades da interface do UCM, complementado por textos resumidos disponibilizando uma ajuda personalizada. Os usuários preferem que os dados disponíveis para *download*, seja posicionado no menu que contém as funcionalidades do sistema, fazendo com que todas as funções do sistema estejam disponíveis em um local, possibilitando maior acessibilidade, principalmente para os usuários iniciantes. A função autocompletar, que auxilia a pesquisar pontos de interesse e rotas ao inserir textos no campo de buscas, funciona de forma precária, portanto precisa ser melhor estruturada, com sugestões baseadas no histórico de buscas e contendo abreviações para os nomes dos laboratórios, prédios e etc.

Ao acessar o UCM utilizando dispositivo móvel os usuários recomendaram a criação e disponibilização de um aplicativo, pois a navegação na Web, implica abrir o navegador, sendo necessário lembrar e inserir o endereço do UCM e aguardar o carregamento antes de finalmente ter o conteúdo exibido na interface. Outro fator é que o aplicativo móvel estará na frente dos olhos dos usuários, disponível em seus dispositivos, fazendo com que os usuários se familiarizem e ocorra uma popularização do UCM. Quando os usuários acessam o UCM utilizando dispositivos móveis é recomendado que na primeira visualização seja apresentado o mapa, pois o menu principal acaba sobrepondo o mapa, exigindo que o usuário precise ocultar o menu manualmente, para que o mapa passe a ser visualizado. A ativação de camadas e mudanças de andares acessados utilizando dispositivo móvel, demonstrou problemas entre os usuários, como a ocorrência de ocultação dependendo do navegador web utilizado para acessar o UCM. A alteração no o *design* da ferramenta também deve ser considerado, adicionando uma

descrição ou título para a ferramenta, facilitando a identificação e propósito da funcionalidade, visando diminuir as confusões como o botão de *Zoom in/out*.

Relacionado ao requisito que permite a criação de rotas, o mesmo precisa ser aprimorado, como as ações desnecessárias que o menu lateral provoca ao se ocultar automaticamente quando é realizado a busca dos pontos de interesse, ou quando é concluído a rota e o menu não se oculta, sendo que o menu sobrepõe totalmente o mapa, levando o usuário a considerar que a realização da rota não foi concluída. A necessidade de buscar cada ponto de interesse, para somente depois ter a possibilidade de gerar a rota, torna esta funcionalidade pouco intuitiva de ser utilizada, e o mais viável seria evitar ações desnecessárias por parte dos usuários, simplificando a busca através da diminuição da carga de trabalho. Outro fator que precisa ser considerado é disponibilizar uma legenda ou *pop-up* possibilitando aos usuários do UCM relacionarem cognitivamente as cores das rotas e os pontos de marcação com a verdade do campo. Segundo Sluter *et al.* (2016), a legenda é um importante elemento de geovisualização, contudo o *design* da legenda deve ser baseado em certos elementos específicos, como o *layout* e a posição, pois ela é entendida como um componente diferente da simbologia. As dimensões da tela do dispositivo podem afetar bastante o design da legenda em relação à posição e ao *layout* do mapa como é salientado por (LI e LUXIMON, 2020).

Quando acessado utilizando dispositivo móvel os usuários acreditaram ser obsoleto a permanência do *zoom in/out* na interface, alegando que não utilizaram o botão e que apenas seus dedos são suficientes para proporcionar alterações de detalhes no mapa, como demonstrado pelos resultados da avaliação ergonômica, revelando que ao utilizar dispositivos móveis os usuários preferem abrir os dedos como uma "pinça" para realizar alterações no *zoom* do mapa. A utilização da ferramenta que possibilita realizar as medições de distâncias e áreas, foi pautada por problemas de utilização provocados pelo tamanho da caixa de informações, que causou demasiada ocupação no espaço da tela do dispositivo móvel ocultando os elementos do mapa, inclusive vértices a serem medidos. É válido vincular a opção de mover a janela que contém as medidas, descrições e coordenadas, pois a mesma sobrepõe grande parte do mapa, e muitas vezes a área a ser medida ficou coberta pela janela, provocando dificuldades na conclusão das medições. Outro fator que merece alteração é a cor do polígono de medida, durante a coleta de vértices como adotar um "vermelho", visando aumentar o contraste com os demais elementos do mapa.

Relacionado a localização do menu "Registro" os testes aplicados revelam insatisfação por parte dos usuários do UCM quando acessaram o respectivo menu, utilizando dispositivo móvel, causado pelo fato dos menus serem simbolizados por três riscos horizontais, provocando

confusão nos participantes pois quando o acesso se deu por dispositivo móvel todos os menus foram representado por três riscos horizontais, é fundamental realizar alterações na simbologia do menu Registro, ou mesmo anexar este menu junto com o menu das ferramentas, possibilitando consultar e utilizar as ferramentas em um único local de acesso.

O local para *download* de dados, se mostrou problemático com os resultados dos testes, necessitando alterações quanto sua localização, muitos consideraram pouco intuitivo ter que selecionar no menu a opção de Dados dos Campi e clicar na interface do mapa para encontrar o arquivo contendo os dados. Os resultados coletados a partir de usuários que utilizaram dispositivo móvel demonstraram maior número de acerto, porém foi ocasionado pelo tamanho da tela ser menor, fato que colabora quando o usuário não encontra o local que contém o arquivo que é pretendido realizar *download* e inicia um processo de cliques aleatórios na tela para encontrar, acabando por clicar em cima do mapa em tentativas e erros, encontrando a camada despropositadamente, este fato foi observado durante aplicação do teste acompanhamento de uso.

A função autocompletar que projetada para auxiliar na pesquisa pontos de interesse e rotas quando o usuário inserir textos nos campos de buscas não demonstrou bom funcionamento, portanto precisa ser melhor estruturada, com sugestões baseadas no histórico de buscas e contendo abreviações para os nomes dos laboratórios, prédios e demais estruturas. Os usuários mantiveram o dispositivo na posição vertical, na maior parte do tempo gasto com a realização das tarefas, portanto a essa posição possibilitou melhor visualização de acordo com as disposições dos elementos do UCM em telas pequenas. A posição vertical ocupa toda a tela do dispositivo móvel, fornecendo mais espaço para visualização e interação com os elementos do mapa (MENDONÇA, 2013). Relacionado a maneira que o usuário prefere alterar o *zoom* do mapa, os testes realizados demonstram que foi preferido por grande parte dos usuários realizar o processo definido como abrir os dedos em forma de uma pinça, com movimento de arraste de expansão para ampliação e movimento contrário para redução de escala.

Durante a utilização dos dispositivos móveis para acessar o UCM, os resultados obtidos sugerem uma diversidade de formas que os usuários portam seus dispositivos para navegar no UCM. Com a aplicação do acompanhamento de uso foi constatado um predomínio de usuários ambidestros. E a aplicação do teste questionário demonstrou predomínio de usuários destros, ou seja, utilizam a mão esquerda para segurar o dispositivo e a direita para navegar no mapa. Ao projetar as ferramentas que exigem interação por toque nos dispositivos móveis como o acesso a menus ou inserção de dados, a melhor estratégia é manter a experiência de usuário final em mente. Durante a aplicação do acompanhamento de uso foi relatado por usuários

destros que utilizar a ferramenta de medição de distâncias e áreas certo desconforto, provocado pela dificuldade em utilizar a respectiva funcionalidade, devido ao fato do usuário segurar o dispositivo com a mão esquerda e ter a necessidade de interagir com a ferramenta utilizando a mão direita provocando sobreposição da mão sobre a interface do mapa, causando interrupção na visualização do mapa provocando imprecisão nas medidas. As ferramentas necessitam de adaptações. Conforme os resultados coletados foi constatado que é possível utilizar o sistema por meio do acesso utilizando diferentes dispositivos, contudo foi constatado maiores problemas de utilização quando a interação foi realizada a partir de dispositivos móveis. Portanto o presente estudo realizou a proposição de ajustes de alguns requisitos através de diversas análises por meio de testes com usuários especialistas e usuários não especialistas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho realizou as avaliações de usabilidade aplicadas na modalidade remoto, empregando a utilização de dispositivos móveis e desktop. A realização dos testes proporcionou a coleta de dados qualitativos e quantitativos, os quais foram analisados e estão descritos no presente trabalho, visando prover melhorias entre a interação dos usuários com a interface do UCM, com propósito de torná-la agradável para o uso e melhorar a sua aceitabilidade. As avaliações foram pautadas em recomendações como as de (ROTH et al., 2017) onde é sugerido avaliar a usabilidade de uma interface cartográfica considerando contextos tecnológicos utilizando preferencialmente métodos qualitativos e quantitativos.

A seleção e adaptação das heurísticas possibilitaram realizar a avaliação de usabilidade utilizando diferentes dispositivos de acesso. Foi possível coletar dados aplicando as respectivas heurísticas de usabilidade através de testes endereçados a profissionais com elevado nível de conhecimento sobre mapas digitais. Os resultados evidenciaram falhas na interface nos pontos como barra de escala gráfica pouco visível, alteração dos andares dos prédios, funcionalidade que possibilita realizar medições, pesquisa de pontos de interesse, pesquisa de rotas, cores associadas a rota, falta de *feedback* imediato, dificuldade em conseguir cancelar uma ação em progresso, falta de destaque em conteúdos mais importantes. De modo geral o UCM apresentou maiores problemas quando foi acessado por meio de dispositivo *desktop* de acordo com os especialistas.

As heurísticas podem ocasionalmente serem utilizadas também por especialistas que não são familiarizados com a engenharia de usabilidade, existindo a necessidade de simplificar as terminologias utilizadas. A forma como o formulário foi estruturado, não permitiu ao especialista mencionar algumas observações importantes sobre as questões, sendo as respostas disponíveis para as heurísticas como “sim” e “não”. O fato foi relatado por meio de texto discursivo, onde o especialista afirmou ser problemático o contraste das cores no menu principal, dificultando a sua utilização. Contudo o conjunto de heurísticas de usabilidade selecionadas não possuía nenhuma heurística voltada a este ponto específico da interface. A avaliação de “Estética e design” adaptada a partir do estudo de Wangenheim et al. (2013), pode ser melhor aplicado para avaliar a usabilidade de mapas digitais, contendo heurísticas que abordam detalhes específicos de problemas que podem vir a ser constatados pelos especialistas.

É possível concluir a partir deste estudo que a generalização das heurísticas utilizadas na avaliação da interface UCM, deve ser feita com cautela, já que os mapas digitais apresentam características e finalidades distintas, conforme também é salientado por Kuparinen et al.

(2013). Uma limitação do presente estudo foi a pequena quantidade de avaliadores especialista que se disponibilizaram para inspecionar a interface do UCM utilizando as heurísticas propostas, a avaliação heurística apontou maiores problemas ao utilizar o UCM em dispositivo *desktop*, contrariando os demais testes que apontaram maiores problemas quando o UCM é acessado e utilizado por meio de dispositivos móveis. Outro fato importante é que todos os especialistas que utilizaram o dispositivo móvel para acessar o UCM e realizar a avaliação, conheciam o Centro Politécnico, portanto é provável que os mesmos tiveram algum contato com o UCM anteriormente ao período que foi realizada a Avaliação heurística, o que pode ter influenciado os resultados.

Foi aplicado com sucesso o teste de acompanhamento de uso, utilizando tecnologias de baixo custo em *home office* por meio de videoconferência, possibilitando a geração de conhecimento científico para auxiliar em outras avaliações de usabilidade que envolvam dispositivos móveis e não móveis. Expressas em um contexto de uso da interface, envolvendo pessoas e tarefas que cobriram situações básicas e cotidianas na utilização do UCM. Essas adaptações mostraram a viabilidade de ser executado na modalidade remota e moderada. Contudo, as informações e questões que antecedem a execução dos testes precisaram ser definidas com base nas funcionalidades da respectiva interface que é pretendido inspecionar.

A aplicação do teste com tarefas elaboradas em formato de narrativas combinado com questionário é uma forma eficaz de ser organizado e aplicado testes de usabilidade, possibilitando a coleta de dados, minimizando imprevistos e padronizando o processo. Outros fatores relacionados à coleta de dados foram fundamentais para o sucesso do teste, como garantir o correto funcionamento da ferramenta de compartilhamento da tela por vídeo chamada e de gravação do áudio e vídeo. O recrutamento dos voluntários deve ser realizado com antecedência ao teste, considerando um número maior do que realmente é necessário, evitando desta forma maiores imprevistos. No presente trabalho não foi possível dispor de um número amostral homogêneo de participantes, em relação a aplicação dos em todos os testes de usabilidade, ocasionado por diversos fatores como a desistência de participantes, problemas com a coletas de dados e a pandemia causada pelo COVID -19.

A partir da aplicação do teste questionário e do acompanhamento de uso, foram constatadas indicações de maior dificuldade por parte dos participantes que interagiram com as funcionalidades do UCM solucionando tarefas propostas nas seções de testes que o acesso a interface se deu por dispositivos móveis. Este fato pode ser reforçado com os resultados obtidos a partir da aplicação do NASA-TLX, nos quais em geral os usuários relataram sentir maior carga de trabalho ao acessarem o UCM em dispositivos móveis. Os usuários que se

submeteram aos testes de usabilidade pertenciam a diferentes níveis de formação escolar e conhecimento sobre mapas, portanto foi constatado indícios de que existem diferentes níveis nas dificuldades em utilizar o UCM como foi revelado pelos resultados coletados a partir da realização dos testes estatísticos, porém o grupo amostral não foi homogêneo.

Dentre os fatores relacionados aos usuários que participaram do teste de acompanhamento de uso e questionário, foi constatado que a experiência com mapas influencia diversos aspectos na utilização das funcionalidades do UCM. Dentre os fatores avaliados na carga de trabalho, nota-se também que há uma tendência de usuários experientes e com nível de formação acadêmica elevada demonstrarem menor carga de trabalho. Por outro lado, os usuários com menor nível de formação escolar demonstraram uma tendência geral atribuindo um valor inferior ao seu próprio desempenho. A partir dos resultados obtidos é conclusivo que a interface do UCM necessita ser submetida a novas etapas de desenvolvimento para posteriormente ser avaliado a usabilidade, principalmente quando se trata do acesso em dispositivos móveis, visando disponibilizar aos usuários um sistema robusto e padronizado de modo que satisfaça as necessidades de posicionamento dos usuários, independente da tecnologia utilizada para acessar o UCM.

A avaliação ergonômica demonstrou semelhanças na utilização do dispositivo móvel entre os grupos de ambas metodologias de testes aplicadas. A maior parte dos usuários preferem utilizar seus dispositivos móveis na posição vertical. Outro fator sobre o grupo amostral avaliado é que a maior parte dos usuários que utilizaram a interface do UCM são indivíduos que utilizam, preferencialmente e com maior habilidade, os membros do lado direito do corpo. A avaliação ergonômica possibilitou melhorar a compreensão sobre a posição que os usuários utilizam o dispositivo móvel para acessar o UCM. A maneira que as pessoas preferem alterar o *zoom in/out* do mapa, preferindo abrir os dedos como uma "pinça" e como é portado o dispositivo com a preferência da utilização da mão esquerda para segurar o equipamento e a direita para navegar. Este tipo de informação é útil principalmente para auxiliar a posicionar e escolher as ferramentas e menus que farão parte do mapa digital, otimizando a visibilidade da interface e posicionando de maneira estratégica as janelas, menus, textos, escala gráfica, botões e ferramentas em geral.

Os testes com usuários sugerem que o sistema está melhor estruturado quando a interface cartográfica foi acessada utilizando dispositivo *desktop*. Porém os resultados da avaliação heurística realizada por especialistas demonstraram um resultado antagônico, sugerindo que a interface apresenta menores problemas de usabilidade quando é acessada por meio de dispositivos móveis. Sendo assim este estudo reforça que a combinação de vários métodos que

envolvam usuários e especialistas apresentam divergências porque ambos os grupos têm pontos de vista diferentes, conhecimentos e habilidades distintas e como foi constatado pelo teste estatístico, pessoas que possuíam elevado nível da formação acadêmica apresentaram a tendência de sentirem menor esforço mental para interagir com o UCM, independente do dispositivo de acesso. Contudo a sugestão para alteração ou substituição de requisitos foi realizada considerando os resultados de todos os testes realizados ao longo do trabalho foi considerado principalmente a finalidade que a interface possuía, que é prover uma base de dados atualizada sobre a estrutura dos *campi*, tanto de seus ambientes externos quanto internos, ao qual poderá ser acessado por usuários com diferentes níveis de conhecimento formal.

As sugestões relacionadas a aperfeiçoamentos nos requisitos foram atribuídas e fundamentadas nos resultados obtidos com a aplicação dos testes de usabilidade. Os quais de modo geral demonstrou que os usuários, conseguiram utilizar as funções básicas do UCM, como acessar o mapa, alterar o *Zoom in/out* e localizar pontos de interesse. Porém os resultados das avaliações demonstraram que a interface apresenta problemas em determinados requisitos, necessitando alterações dependendo do dispositivo utilizado. Frente a isto é necessária uma revisão do projeto de interface para que os dispositivos móveis desempenhem suas funções próximas ao desempenho demonstrado pelo dispositivo *desktop*.

Outro fato conclusivo a partir da realização da presente pesquisa é que acessar o UCM utilizando dispositivo móvel necessita da criação e disponibilização de um aplicativo, visando evitar a necessidade constante de rolagem de tela entre o acesso ao mapa e outras pesquisas no mesmo navegador. Outro destaque é que a criação de um aplicativo para UCM proporcionará maior facilidade de acesso e utilização de recursos e informações disponibilizadas no UCM por parte dos usuários, como o fato do mapa digital ter que estar inserido no meio mais promissor dos últimos tempos, que é a irrefreável utilização de dispositivos móveis. Por fim o acesso ao UCM será mais frequente pelos usuários que baixarem o aplicativo, pelo simples fato do mapa estar sempre disponível para ser acessado rapidamente sem depender de navegador e buscas. Outra vantagem é a economia de tempo ocasionada pela morosidade ao abrir e carregar o mapa em um navegador padrão, tendo que ser superadas etapas obrigatórias como a inserção do nome do mapa no navegador e ter que clicar no endereço correto, para então ter acesso a interface inicial do UCM, enquanto o *Google Maps* por exemplo está na ponta dos dedos dos usuários.

Outra contribuição desta pesquisa foi as adaptações na maneira que foram aplicados os testes considerando suas combinações, levando em conta o contexto social do mundo que foi assolado por uma pandemia sendo necessário manter distanciamento social, dificultando angariar voluntários para os testes. As principais alterações ocorreram com destaque para

aplicação do teste de acompanhamento de uso, ao qual as entrevistas foram realizadas em home office através de videoconferência, possibilitando realizar trocas de informações verbais diretamente com os participantes desta experiência, demonstrou que a aplicação de testes pode ser totalmente remota e moderada. O método utilizado na presente pesquisa deve ser aprimorado, podendo ser utilizado para avaliar a usabilidade de protótipos e aplicativos de mapas digitais, de forma totalmente remota e aproveitando a vantagem de os participantes estarem realizando os testes nos seus ambientes habituais.

Com a realização desta pesquisa é possível afirmar que tanto os testes com usuários quanto a avaliação heurística possibilitaram abordar diferentes problemas de usabilidade. Da mesma forma que é constatado por Tan *et al.*, (2009), o qual informa que as diferenças significativas encontradas entre os métodos de avaliação utilizados para o desenvolvimento do trabalho sugeriram que eles são complementares e não devem ser considerados concorrentes. Portanto, uma metodologia combinando formas diversas de avaliação de usabilidade é extremamente promissora na identificação de facilidade ou dificuldades com que as pessoas empregam as ferramentas da interface avaliadas para realizar as tarefas. Outra importante contribuição obtida com a realização desta pesquisa foi a envolver a Engenharia de Usabilidade e a Engenharia de Requisitos, auxiliando na solidificação de metodologias que visam agregar entendimento compartilhado de um sistema considerando a perspectiva das partes interessadas, como os usuários do sistema ou mesmo os membros do projeto entre desenvolvedores e *designers*.

As principais recomendações futuras que a pesquisa possibilita fomentar é a necessidade de serem realizadas novas Avaliações heurísticas, com um número maior de participantes especialistas para avaliar a interface com as heurísticas selecionadas, estabelecendo como premissa os participantes não terem tido nenhum contato com o UCM antes de realizar a avaliação. É recomendado a realização de estudos mais aprofundados para auxiliar a projetar a legenda no UCM considerando o acesso e visualização em diferentes dispositivos. É pertinente estudar com maior profundidade a representação das rotas através da atribuição de cores, vislumbrando a possibilidade de utilizar uma sequência de tons contínuos de cores nas rotas, com por exemplo cores mais quentes para os andares inferiores e cores frias para os andares superiores, entre outras combinações. É fundamental serem realizadas mais pesquisas sobre a utilização de mapas digitais acessado em dispositivos móveis, considerando as situações de uso do mapa, visando maior validade ecológica e a generalização dos resultados.

REFERÊNCIAS

- ADIKARI, S.; MCDONALD, C.; CAMPBELL, J. **Reframed contexts: design thinking for agile user experience design**. In: International Conference of Design, User Experience, and Usability. Springer, Berlin, Heidelberg, p.3-12, 2013.
- AHMAD, N.; REXTIN, A.; KULSOOM, U. E. **Perspectives on usability guidelines for smartphone applications: An empirical investigation and systematic literature review**. Information and Software Technology, v.94, p.130-149, 2018.
- ALLEONI, B. N. **Avaliação de desempenho de respostas motoras combinadas à digitação em diferentes teclados utilizados em dispositivos móveis**. 2013. 99p. Tese de doutorado. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2013.
- AYOBAMI, A. S.; HECTOR, O. P.; HAMMED, A. **Current Issues of Usability characteristics and Usability testing**. In: Proceedings of International Conference on Behavioral & Social Science Research (ICBSSR), Malaysia, 2012.
- BALCIUNAS, A. **The possibilities for functionality research on interactive Internet maps**. Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization, v.46, p.66-73, 2011.
- BARROS, V. T. O. **Avaliação da interface de um aplicativo computacional através de teste de usabilidade, questionário ergonômico e análise gráfica do design**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- BARTLING, M.; RESCH, B.; EITZINGER, A.; ZURITA-ARTHOS, L. **A Multi National Human Computer Interaction Evaluation of the Public Participatory GIS GeoCitizen**. GI_Forum 2019, v.7, p.19-39, 2019.
- BASTIEN, J. M. C.; SCAPIN, D. L. **Ergonomic Criteria for the valuation of Human-Computer Interfaces**, Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique, Rapport Technique, 1993.
- BECKER, V. G. D.; RAMOS, T. S.; BEZERRA, E. P. **Design Audiovisual: a interseção dos estudos de audiência com a Interação Humano-Computador**. Conexão-Comunicação e Cultura, v.17, 2018.
- BENMOUSS, K.; LAAZIRI, M.; KHOULJI, S.; KERKEB, M. L.; EL YAMAMI, A. **AHP-based approach for evaluating ergonomic criteria**. Procedia Manufacturing, v.32, p.856-863, 2019.
- BEVAN, N. **Human Computer Interaction Standards**. Elsevier. V.20, p.885-890, 1995.
- BEVAN, N. **International standards for usability should be more widely used**. Journal of Usability studies, v.4, p.106-113, 2009.
- BOSTROM, J. B. **A GIS Web Service for Mobile Phone and Evaluating its Usability: Case study—A cleanliness index GIS**. 2016.

BRINGULA, R. P.; BASA, R. S. **Factors affecting faculty web portal usability**. Journal of educational technology & Society. v.14, p.253-265, 2011.

BRITO, A. C. M. **O repositório institucional de produção científica da ENSP/FIOCRUZ: autoarquivamento e usabilidade**. Dissertação de mestrado em Informação Científica e Tecnológica, Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2013.

CAMPOS, V. B. O. **Análise de critérios de falha em lâmina reforçada com tecido híbrido de fibra de vidro e carbono**. 2017. 90f. Dissertação de mestrado em Engenharia Mecânica, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

CARLSHAMRE, P. **The usability perspective on requirements engineering: from methodology to product development**. Tese de Doutorado. Linköping University Electronic Press, 2001.

CARVALHO, B. D. S. **Engenharia de Requisitos: Boas Práticas para Elicitação de Requisitos**. Revista Ada Lovelace, v.2, p.63-71, 2018.

CHAMMAS, A.; QUARESMA, M.; MONTALVÃO, C. **A closer look on the user centred design**. Procedia Manufacturing, v.3, p.5397-5404, 2015.

CHOW, J. C.; PETER, M.; SCAIONI, M.; AL-DURGHAM, M. **Indoor tracking, mapping, and navigation: algorithms, technologies, and applications**. Journal of Sensors, 2018.

CHUNPIR, H. I.; WILLIAMS, D.; LUDWIG, T. **User experience (UX) of a big data infrastructure**. In: International Conference on Human Interface and the Management of Information. Springer, p.467-474, 2017.

CORBETT, T.; SINGH, K.; PAYNE, L.; BRADBURY, K.; FOSTER, C.; WATSON, E.; YARDLEY, L. **Understanding acceptability of and engagement with Web-based interventions aiming to improve quality of life in cancer survivors: A synthesis of current research**. Psycho-oncology, v.27, p.22-33, 2018.

COURSARIS, C. K.; OSCH, V. W. **A Cognitive-Affective Model of Perceived User Satisfaction (CAMPUS): The complementary effects and interdependence of usability and aesthetics in IS design**. Information & Management, v.53, p.252-264, 2016.

CYBIS, W. A.; BETIOL, A. H.; Faust, R. **Ergonomia e usabilidade: conhecimentos, métodos e aplicações**. Novatec Editora, 2010.

CYBIS, W., BETIOL, A. H., FAUST, R. **Ergonomia e Usabilidade: conhecimentos, métodos e aplicações**. São Paulo: Novatec, 2007.

DALTON, C. M. **Sovereigns, Spooks, and Hackers: An Early History of Google Geo Services and Map Mashups**. Cartographica: The International Journal for 96 Geographic Information and Geovisualization, v.48, p.261-274, 2013.

D'ARC, S. B.; R., PINOCHET, L. H. C.; LOPES, E. L., & DE OLIVEIRA, M. A. **Desenvolvimento de uma escala de mensuração de características de gamificação para usuários de aplicativos em dispositivos móveis**. Internext, v.13, p.1-16, 2018.

DEVILLA, E. F.; HENNRICHS, J. C. **Ferramenta para avaliação da ergonomia de aplicativos computacionais**. Anais SULCOMP, v.8, 2017.

DICK, M. E.; GONÇALVES, B. S.; VITORINO, E. V. **Design da informação e competência em informação: relações possíveis** *Information design and information literacy: possible relationships*. InfoDesign-Revista Brasileira de Design da Informação, v.14, p.1-13, 2017.

DUARTE FILHO, N. F. **Uma contribuição ao estabelecimento de uma arquitetura de referência para ambientes de aprendizagem móvel**. 2016. 212 p. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo USP. Programa de Pós Graduação em Ciências de Computação e Matemática Computacional. 2016.

FALAT, D. R.; DELAZARI, L. S. **Avaliação de Mapas na Web: Questões relativas à interface e à interatividade**. Revista Brasileira de Cartografia, v.62, 2010.

FALCHETTA, P. **Perception, cognition and technology in the reading of digital cartography**. e-Perimtron, v.1, p.77-80, 2006.

FAN, M.; SHI, S.; TRUONG, K. N. **Practices and Challenges of Using Think-Aloud Protocols in Industry: An International Survey**. Journal of Usability Studies, v.15, n.2, 2020.

FLEDDERUS, T. **Creating a usable web GIS for non-expert users: identifying usability guidelines and implementing these in design**. 2016.

HARBERS, M. C.; DETWEILER, M.A. **Requirements Engineering: Foundation for Software Quality**. In: International Workshop on Requirements Engineering: Foundation for Software Quality, REFSQ, 2015.

HARLEY, J. M.; LIU, Y.; AHN, T. B.; LAJOIE, S. P.; GRACE, A. P.; HALDANE, C.; MCLAUGHLIN, B. **I've got this: Fostering topic and technology-related emotional engagement and queer history knowledge with a mobile app**. Contemporary Educational Psychology, v.59, 2019.

HART, S. G.; STAVELAND, L. E. **Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research**. In P. A. Hancock & N. Meshkati (Eds.), *Advances in Psychology*, v.52, p.139–183, 1988.

HERTZUM, M.; BORLUND, P.; KRISTOFFERSEN, K. B. **What do thinking-aloud participants say? A comparison of moderated and unmoderated usability sessions**. International journal of human-computer interaction, v.31, p.557-570, 2015.

HOEHLE, H.; VENKATESH, V. **Mobile application usability: conceptualization and instrument development**. Mis Quarterly, v.39, p.435-472, 2015.

ISO 9241-11. **Ergonomics of human-system interaction. Part 11: Usability: Definitions and concepts**. 2018.

JESUS, E. G. V.; BRITO, P. L.; FERNANDES, V. O. **Avaliação da usabilidade do geoportal da infraestrutura de dados espaciais da Bahia (IDE-BA)**. Revista Brasileira de Cartografia, v.70, p.1734-1757, 2018.

- KARAMPANAH, S. **A survey of usability issues in mobile map-based systems**. Master of Science in Geospatial Technologies Institute for Geoinformatics (ifgi) University of Münster. 2019.
- KOMARKOVA, J.; SEDLAK, P.; HABRMAN, J.; CERMAKOVA, I. **Usability evaluation of web-based gis by means of a model**. In 2017 International Conference on Information and Digital Technologies (IDT), p.191-197, 2017.
- KOMARKOVA, J.; SEDLAK, P.; NOVAK, M.; MUSILOVA, A.; SLAVIKOVA, V. **Methods of usability evaluation of Web-based geographic information systems**. International Journal of Systems Applications, Engineering & Development, v.5, p.33-41, 2011.
- KOMARKOVA, J.; SEDLAK, P.; STRUSKA, S.; DYMAKOVA, A. **Usability Evaluation the Prague Geoportal: Comparison of Methods**. In 2019 International Conference on Information and Digital Technologies (IDT), p.223-228, 2019.
- KONNO, L. H. **Validação de requisitos de um sistema de geoinformação a partir do uso de protótipo e cenários**. Dissertação de Mestrado. Curitiba: Programa de Pós graduação em Ciências Geodésicas da UFPR, 2018.
- KOVACIC, Z. J.; GREEN, J. S. **Automatic Grading of Spreadsheet and Database Skills**. Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice, v.11, p.53–70, 2012.
- KOYUNCU, B.; OZDEMIR, Z. **Real Time Localization and Leaflet Map Geofencing by using Sim900 based GPS/GSM/GPRS**. IFRSA IFRSA International Journal Of Electronics Circuits And Systems, v.5, p.47-52, 2016.
- KOZEL, S. **Comunicando e representando: mapas como construções socioculturais**. Geograficidade, v.3, p.58-70, 2013.
- KUBÍČEK, P.; SASINKA, C.; STACHON, Z.; STERBA, Z.; APELTAUER, J.; URBÁNEK, T. **Cartographic design and usability of visual variables for linear features**. The Cartographic Journal, v.54, p.91-102, 2017.
- KUPARINEN, L. **Validation and Extension of the Usability Heuristics for Mobile Map Applications**. In T. Bandrova, & M. Konecny (Eds.), ICC & GIS 2016: Proceedings of the 6th International Conference on Cartography & GIS Sofia: Bulgarian Cartographic Association, V.1, p.414- 423, 2016.
- KUPARINEN, L.; SILVENNOINEN, J.; ISOMÄKI, H. **Introducing usability heuristics for mobile map applications**. In: Proceedings of the 26th International Cartographic Conference, Dresden, Germany, ISBN 978-1-907075-06-3. International Cartographic Association, 2013.
- KWEE-MEIER, S.; WIESSMANN, M.; MERTENS, A. **Integrated Information Visualization and Usability of User Interfaces for Safety-Critical Contexts**. International Conference on Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics. Springer, Cham, p.71-85, 2017.
- LI, Q.; LUXIMON, Y. **Older adults' use of mobile device: usability challenges while navigating various interfaces**. Behaviour & Information Technology, v.39, n.8, p.837-861, 2020.

LIMA, M. C. **Desenvolvimento de um webgis para campus universitário com práticas de UCD**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Curitiba, 2020.

LIMA, M. C.; DELAZARI, L. S.; CAMBOIM, S. P. **Criação de uma interface web para visualização de ortofoto do campus centro politécnico da UFPR**. In: Anais do Congresso Internacional de Educação e Geotecnologias - CINTERGEO. p. 227-231, 2019.

LOWE, B. D. DEMPSEY, P. G. JONES, E. M. **Ergonomics assessment methods used by ergonomics professionals**. Applied ergonomics, v.81, p.102-008, 2019.

MARTINS, L. F. **A análise da representação gráfica de projetos civis com CAD, BIM E RA para identificar as interferências de obra em projetos complementares**. 2018. 127 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. 2018.

MCDONALD, S.; PETRIE, H. The effect of global instructions on think-aloud testing. In: **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems**, p.2941-2944, 2013.

MELO, C. V. A.; CURSINO, R. M.; SANTOS, V. M. V. **Estudo da Ergonomia Informacional Sobre o Uso de Mapa de Riscos e Sinalizações Voltados as Rotas de Fuga Existentes Numa Planta de Processamento**. XXVII ENEGEP, Foz do Iguaçu, PR, 09-11, outubro 2007.

MENDONÇA, A. L. A. **Avaliação de interfaces cartográficas para dispositivos com tela sensível ao multitoque**. Tese de doutoramento. Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Curitiba, 2013.

MENDONÇA, A. L. A.; POMBO, R. M.; ROCHA, S. D.; DELAZARI, L. S. Considerações sobre interfaces para mapas interativos na web. **III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**, Recife - PE, p.01-08, 2010.

MENDONÇA, A.L.A. **Avaliação de Interfaces para Mapas Funcionais na Web**. Dissertação de Mestrado – curso de pós-graduação em Ciências Geodésicas. Universidade Federal do Paraná, 2009.

MITTLBOECK, M.; KNOTH, L.; VOCKNER, B. **Universitäre Campus Maps Beispiele aus Österreich und Nordamerika: Status quo & quo vadis?**. AGIT Journal, v.3, p.374-382, 2017.

MOTIV. (2017). **Mobilidade: design de site responsivo**. Disponível em. <http://www.motiv.com.br/site/blog/tendencia-mobilidade-design-de-site-responsivo/> Oliveira, H. P. C. de.: <http://metamonks.com/mobilefirst-vs-responsive/>. Acesso em: 10 de agosto de 2020.

MOUMANE, K.; IDRI, A.; ABRAN, A. (2016). **Usability evaluation of mobile applications using ISO 9241 and ISO 25062 standards**. SpringerPlus, v.5, p.548, 2016.

NIELSEN, J. **Usability Engineering**. 1993.

NORMAN, D.; DRAPER, S. W. **User Centered System Design: New Perspectives on Human Computer Interaction**. EUA: Lawrence Erlbaum Associates. 1986.

NYSTROM, N. **Online user tracking and usability tools-a mapping study**, 2014.

OAKLEY, N. S.; DAUDERT, B. **Establishing best practices to improve usefulness and usability of web interfaces providing atmospheric data**. Bulletin of the American Meteorological Society, v.97, p.263-274, 2016.

OLIVEIRA, J. G.; SILVA, M. V.; COELHO, G. O.; PIMENTEL, R. B. **Sistema de informação geográfica na web: estudo de caso do curso de Sistemas de Informação do IFMG-Campus São João Evangelista (SJE)**. v.8, n.1, p.67-79, 2020.

OLIVEIRA, M. D. **A influência das dimensões sociais no processo de aceitação e acesso à tecnologia: Um estudo de usabilidade de um aplicativo para segurança colaborativa**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Itajubá Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Tecnologia e Sociedade. 2019.

OLIVEIRA, M. D.; SEABRA, R. D.; MATTEDI, A. P. **Usabilidade de aplicativos de segurança colaborativa para smartphones: uma revisão sistemática**. Revista de Sistemas e Computação-RSC, v.8, p. 262-276, 2019.

ONEY, S.; LUNDGARD, A.; KROSNICK, R.; NEBELING, M.; LASECKI, W. S. **Arboretum and arbility: Improving web accessibility through a shared browsing architecture**. In The 31st Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, p.937-949, 2018.

PETERSON, M. P. **Elements of multimedia cartography**. In: **Multimedia cartography**. Springer, p.63-73, 2007.

PHILIPP. **Why ‘mobile first’ is the new ‘responsive’**. Disponível em: <http://metamonks.com/mobilefirst-vs-responsive/>. Acesso em: 20 de julho de 2020.

PIKE, M. F.; MAIOR, H. A.; PORCHERON, M.; SHARPLES, S. C.; WILSON, M. L. **Measuring the effect of think aloud protocols on workload using fNIRS**. In: **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. p.3807-3816, 2014.

PISETTA, J. A. **Base Cartográfica do campus Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná**. Trabalho de Conclusão de Curso. Setor de Ciências da Terra, Dep. Engenharia de Cartografia e Agrimensura. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

PONATHIL, A.; OZKAN, N. F.; BERTRAND, J.; WELCH, B.; MADATHIL, K. C. **An investigation of the usability issues of a family health history compiling application**. In: **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting**. Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications, p.1699-1703, 2018.

PUCHER, A.; SCHOBESBERGER, D. **Implicit user logging as a source for enhancing the usability of Web-delivered cartographic applications**. International Cartographic Association, Paris, 2011.

RAMESH, B.; CAO, L.; BASKERVILLE, R. **Agile requirements engineering practices and challenges: an empirical study**. Information Systems Journal, v. 20, n. 5, p. 449-480, 2010.

REINERT, F.; GONTIJO, L. A. **Proposta de sistemática para a integração da ergonomia no projeto de produtos**. Human Factors in Design, v.6, p.105-123, 2017.

RICKER, B. A.; ROTH, R. E. (2018). **Mobile maps and responsive design**. Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge, v.40, 2018.

ROTH, R. E.; ÇÖLTEKIN, A.; DELAZARI, L.; FILHO, H. F.; GRIFFIN, A.; HALL, A.; VAN ELZAKKER, C. P. **User studies in cartography: opportunities for empirical research on interactive maps and visualizations**. International Journal of Cartography, v.3, p.61-89, 2017.

ROTH, R. E.; DONOHUE, R. G.; SACK, C. M.; WALLACE, T. R.; BUCKINGHAM, T. M. **A process for keeping pace with evolving web mapping technologies**. Cartographic Perspectives, v.78, p.25-52, 2014.

ROTH, R. E.; VAN DEN HOEK, J.; WOODRUFF, A.; ERKENS WICK, A.; MCGLYNN, E.; PRZYBYLOWSKI, J. **The 21st century campus map: Mapping the University of Wisconsin-Madison**. Journal of Maps, v.5, p.1-8, 2009.

SALAH, D.; PAIGE, RICHARD F.; CAIRNS, P. **A systematic literature review for agile development processes and user centred design integration**. Proceedings Of The 18th International Conference On Evaluation And Assessment In Software Engineering - Ease '14, [s.l.], p.1-10, 2014.

SALGADO, A. L.; FREIRE, A. P. **Heuristic evaluation of mobile usability: A mapping study**. In: International Conference on Human-Computer Interaction. Springer International Publishing, p.178-188, 2014.

SAROT, R. V. **Avaliação de mapas indoor para dispositivos móveis para auxílio à tarefa de orientação**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Curitiba, 2015.

SCHIRRA, S.; ALLISON, C. **I know what the companies are wanting more of: Professional Participants in Online Usability Studies**. In Extended Abstracts of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. Montreal, Canada. 2018.

SCHMIDT, M. A. R. **Uso de mapas 3D para navegação virtual: uma abordagem cognitiva. Tese de doutoramento**. Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Curitiba, 2012.

SCHNEIDERMAN, S. A. B. **High Precision Touchscreens: Design Strategies and Comparisons with a Mouse**. (Tech. Report CS-TR-2268). Department of Computer Science, Human-Computer Interaction Laboratory, University of Maryland, MD. 1998.

SCHOBESBERGER, D. **Towards Principles for Usability Evaluation in web mapping-usability research for cartographic information systems**. In Proceedings of 24th cartographic conference, Santiago de Chile, 2009.

SCHON, E.; THOMASCHEWSKI, J.; ESCALONA, M. J. **Agile Requirements Engineering: A systematic literature review**. Computer Standards & Interfaces, v.49, p.79-91, 2017.

- SILVEIRA, D. S.; NUNES, M. A. S. N. **Avusability: uma aplicação para apoiar a avaliação de usabilidade de interfaces da web**. Revista GEINTEC-Gestão, Inovação e Tecnologias, v.3, p.251-260, 2013.
- SLUTER, C. R.; ELZAKKER, C.; IVÁNOVÁ, I. **Requirements elicitation for geo-information solutions**. The Cartographic Journal, v.54, p.77-90, 2016.
- SNYDER, P.; ANSARI, L.; TAYLOR, C.; KANICH, C. **Browser feature usage on the modern web**. In Proceedings of the 2016 Internet Measurement Conference, p.97-110. 2016.
- SOMMERVILLE, I. **Engenharia de software, 9ª edição**. São Paulo: Pearson, 2011.
- SOUSA, G. D. J.; RODRIGUEZ, D. Z. **Otimização do Streaming de Vídeo utilizando a informação de Consumo de Energia**. In Anais do XXXVI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos. SBC. 2018.
- TAN, W.; LIU, D.; BISHU, R. **Web evaluation: Heuristic evaluation vs. user testing**. International Journal of Industrial Ergonomics, v.39, p.621-627, 2009.
- TOMLIN, W. C. **UX and Usability Testing Data**. In: **UX Optimization**. Apress, Berkeley, Califórnia, p. 97-127, 2018.
- UNRAU, R.; KRAY, C. **Usability evaluation for geographic information systems: a systematic literature review**. International Journal of Geographical Information Science, v.33, p.645-665, 2019.
- VAN SOMEREN, M. W.; BARNARD, Y. F.; SANDBERG, J. A. C. **The think aloud method: a practical approach to modelling cognitive**. London: Academic Press, 1994.
- VAZQUEZ, C. E.; SIMÕES, G. S. **Engenharia de Requisitos: software orientado ao negócio**. Brasport, 2016.
- VIEIRA, R. P. **Capacidades dinâmicas como fator relevante no desempenho organizacional no mercado de rastreamento**. Dissertação de mestrado. Universidade FUMEC Sistemas de Informação e Gestão do Conhecimento, Belo Horizonte, 2017.
- WANG, T. H.; HUANG, Y. K.; LEE, C. **Skyline Query Processing System for Taiwan Maps**. In: 10th International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing (IMIS). p.376-380, 2016.
- WANGENHEIM, C. G. V.; BORGATTO, A.; WITT, A. T.; KRONE, C. **MATcH Checklist formulário que serve de apoio à avaliação heurística**. 2013. Disponível em: < <http://match.inf.ufsc.br:90/> >. Acesso em: 03, dezembro de 2020.
- WAZLAWICK, R. S. **Análise e projeto de sistemas de informação orientados a objetos**. Segunda Edição. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2011.
- WILLENBORG, B.; MACHL, T.; MARX, C.; ERLWEIN, S.; HEINZE, K.; JASPER, C.; STOCKLE, L. **zfv-Zeitschrift für Geodäsie**, Geoinformation und Landmanagement. Trendanalyse InterGEO, v.141, 2016.

WILMER, H. H.; SHERMAN, L. E.; CHEIN, J. M. **Smartphones and cognition: A review of research exploring the links between mobile technology habits and cognitive functioning**. *Frontiers in psychology*, v. 8, p.605, 2017.

WITTE, R.S.; WITTE, J.S. **Estatística**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

WROBLEWSKI, L. **Mobile first: Preface de jeffrey zeldmann** . Edições Eyrolles, 2012.

YANG, Z.; ASBURY, K.; GRIFFITHS, M; D. **An exploration of problematic smartphone use among Chinese university students: Associations with academic anxiety, academic procrastination, self-regulation and subjective wellbeing**. *International Journal of Mental Health and Addiction*, v.17, n.3, p.596-614, 2019.

ZAPATA, B. C.; FERNÁNDEZ-ALEMÁN, J. L.; TOVAL, A.; IDRI, A. **Reusable software usability specifications for mHealth applications**. *Journal of medical systems*, v.42, 2018.

ZHAO, T.; MCDONALD, S.; EDWARDS, H. M. **The impact of two different think-aloud instructions in a usability test: a case of just following orders?**. *Behaviour & Information Technology*, v.33, n.2, p.163-183, 2014.

APÊNDICE 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, Vinicius Emmel Martins aluno do Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná (PPGCG/UFPR), Prof Dr Marcio Augusto Reolon Schmidt e Profa Dra Luciene Stamato Delazari, docentes do PPGCG/UFPR, convidamos você a participar de um estudo intitulado AVALIAÇÃO DE USABILIDADE E ERGONOMIA DO WEBGIS UFPR CAMPUS MAP (UCM) ACESSADO EM DISPOSITIVOS DESKTOP E MÓVEL. Este estudo consiste na aplicação de processos de avaliação de como as pessoas utilizam o WebGIS UFPR CampusMap, por meio de testes com usuários para desenvolver sistemas com alta qualidade de interação utilizando os princípios do design centrado no usuário.

a) O objetivo desta pesquisa é estudar a qualidade da interação com a plataforma de mapas on-line do WebGIS UFPR CampusMap *desktop* e também de sua versão para dispositivos móveis para propor soluções de melhoria da interatividade com essas plataformas.

b) Os voluntários serão convidados por meio de cartazes distribuídos no campus e por grupos de e-mails de alunos e professores do PPGCG. Caso você aceite participar da pesquisa, será alocado em um dos grupos de teste por ordem de apresentação. O primeiro grupo usará a versão para *desktop* e o segundo grupo utilizará a sua versão para dispositivos móveis. A distribuição será aleatória limitada ao número de voluntários de cada grupo, que é quinze pessoas por grupo.

c) Serão utilizados dois dispositivos de teste: questionários para todos os participantes, do teste acompanhamento de uso para alguns sorteados de forma randômica. O teste acompanhamento de uso associa a gravação da tela do dispositivo e sua voz à medida que expressa ações e decisões durante a interação com a plataforma de mapas. Os questionários contêm perguntas abertas e fechadas sobre as tarefas e sua experiência com mapas. Em ambos os dispositivos de testes não haverá identificação pessoal em nenhuma hipótese sendo o participante identificado por número definido de forma sequencial de acordo com a ordem de apresentação espontânea dos mesmos aos testes. Não serão consideradas e nem coletadas informações sobre sexo, gênero, raça ou idade. A caracterização dos voluntários se dará por experiência nas plataformas analisadas, graus de educação formal e frequências de uso de mapas. É garantido que não haverá qualquer divulgação de material individual, seja de gravações ou de questionários. Os resultados serão apresentados sempre de forma compilada e generalizada.

c) Para tanto você deverá comparecer no Laboratório de Cartografia e SIG sala Bloco VI, Sala PI 9, Curitiba/PR, da Universidade Federal do Paraná Campus Centro Politécnico aplicação dos testes acompanhamento de uso e/ou questionários, o que levará aproximadamente 30 minutos.

d) É possível que você experimente algum desconforto, principalmente relacionado a cansaço, devido ao tempo de 30 minutos.

e) Os benefícios esperados com essa pesquisa são a obtenção de parâmetros para auxiliar a equipe de desenvolvimento a melhorar a forma como os usuários utilizam mapas distribuídos pela internet, localizando pontos sensíveis, verificando a necessidade de alterações, no sentido de melhor atender os usuários que farão uso destes serviços.

f) Os pesquisadores Vinicius Emmel Martins (vinicius.emmel.m.92@gmail.com), Prof Dr Marcio Augusto Reolon Schmidt (marcio.schmidt@ufu.br) e Profa Dra Luciene Stamato Delazari (luciene@ufpr.br), poderão ser encontrado na Universidade Federal do Paraná Curitiba, Campus Politécnico, Bloco VI, Sala PI 9, Curitiba/PR, no horário 8h até às 17h, telefone 41 3361 3153, para esclarecer eventuais dúvidas que você possa ter e fornecer-lhe as informações que queira, antes, durante ou depois de encerrado o estudo.

g) A sua participação neste estudo é voluntária e você poderá desistir a qualquer momento e solicitar que lhe devolvam este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado. Seu teste será descartado imediatamente e todos os dados serão apagados.

h) As informações relacionadas ao estudo poderão ser conhecidas por pessoas autorizadas. Qualquer informação divulgada em forma de relatório ou publicação será feita sob forma generalizada em termo de grupos amostrais, garantindo a preservação e confidencialidade da sua identidade.

i) O material obtido, questionários, som, imagens e vídeos será utilizado unicamente para essa pesquisa e será destruído/descartado ao término do estudo, dentro de dois anos.

j) As despesas necessárias para a realização da pesquisa não são de sua responsabilidade e você não receberá qualquer valor em dinheiro pela sua participação.

l) Se você tiver dúvidas sobre seus direitos como participante de pesquisa, você pode contatar também o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP/SD) do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná, pelo telefone 3360-7259. O Comitê de Ética em Pesquisa é um órgão colegiado multi e transdisciplinar, independente, que existe nas instituições que realizam pesquisa envolvendo seres humanos no Brasil e foi criado com o objetivo de proteger os participantes de pesquisa, em sua integridade e dignidade, e assegurar que as pesquisas sejam desenvolvidas dentro de padrões éticos (Resolução nº 466/12 Conselho Nacional de Saúde).

Eu, _____ li esse Termo de Consentimento e compreendi a natureza e objetivo do estudo do qual concordei em participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento sem justificar minha decisão e sem qualquer prejuízo para mim

Eu concordo voluntariamente em participar deste estudo.

Curitiba, de de

Assinatura do Participante de Pesquisa

APÊNDICE 2 – ROTEIRO DE TESTE PROTOCOLO ACOMPANHAMENTO DE USO (DISPOSITIVO MÓVEL E *DESKTOP*)

Ambiente de Teste / Equipamento

- Dispositivo móvel e *desktop*: Serão gravadas a tela e o áudio. O ambiente de testes, serão remotos, sem contato físico entre o moderador e o participante.

Protocolos e Procedimentos de teste

1. O avaliador recebe o participante, o cumprimenta e agradece pela disposição em participar do teste.
2. O participante recebe o Script de Orientação do teste. O avaliador lê o TCLE junto com o participante reforçando que o anonimato do produto deve ser mantido após os testes e que o centro da avaliação é o produto e não o participante em si.
3. O participante deve ser informado que ele está sendo observado e filmado e que a integridade do participante será totalmente resguardada, sendo utilizada a observação e as imagens somente para fins de análise do teste.
4. O avaliador deve reforçar outras informações constantes do TCLE e tirar dúvidas do participante sobre a sessão de teste.
5. O avaliador entrega ao participante o Questionário 1.
6. Após serem passadas as orientações, o avaliador informará ao participante que se ele quiser acessar livremente e utilizar o sistema durante cinco minutos, para um reconhecimento e adaptação.
7. Passado este tempo, o avaliador irá orientar o participante a retornar à Área de Trabalho do dispositivo (*desktop* ou *mobile*) e será entregue a lista de tarefas para execução (Lista de Tarefas, Questionário 2).
8. Os acontecimentos observados pelo avaliador deverão ser registrados no formulário de Coleta de Dados pelo Avaliador que estará com posse de uma cópia do Questionário 2.
9. Outros tópicos além dos descritos neste formulário deverão ser acrescentados de acordo com os acontecimentos ocorridos durante o teste.
10. O avaliador agradece ao participante por sua colaboração e se despede.

APÊNDICE 3 – INSTRUÇÕES PARA APLICAÇÃO DOS TESTES

1. Os testes são feitos para pessoas voluntárias.
2. A participação dos testes não infere qualquer ônus de qualquer natureza e nem estabelece qualquer relação entre o voluntário e o pesquisador que não a investigação científica.
3. Sugere-se que o(a) participante somente se apresente para os testes se houver real interesse, disposição e disponibilidade de tempo suficiente (em torno de 30 minutos).
4. A desistência pode ser feita a qualquer tempo e seu teste será desconsiderado.
5. O(A) participante aceita ser filmado(a) e cede o direito de uso das imagens para fins desta pesquisa sendo assegurado a não divulgação de suas imagens sem o seu consentimento.
6. Serão explicados os procedimentos antes do início dos testes.
7. A sessão de teste consiste em 2 etapas. Em cada etapa será solicitado o preenchimento de questionário. Todos os testes tratam de uma tarefa de uso de mapas em ambiente *desktop* e dispositivo móvel.
8. Em nenhum momento será permitida a interferência do pesquisador e/ou do aplicador dos testes, não importando quais dificuldades advenham da navegação em estado normal do sistema. Salvo na condição de o(a) participante ficar calado por mais de 30 segundos.
9. O tempo máximo para execução do teste é de aproximadamente 30 minutos.

Aceito os termos deste documento,

Data: ____/____/____

APÊNDICE 4 – CARACTERIZAÇÃO DOS USUÁRIOS DOS TESTES

1. Indique sua formação.

- ☐ Ensino fundamental
- ☐ Ensino médio
- ☐ Graduação
- ☐ Mestrado
- ☐ Doutorado

2. Área de formação (Opcional)

- ☐ em Cartografia
- ☐ em Geografia
- ☐ Outra área

3. Você tem alguma deficiência visual? (exemplo: miopia, hipermetropia, astigmatismo, daltonismo)

- ☐ Sim
- ☐ Não

4. Você já usou algum tipo de mapa?

- ☐ Não, nunca.
- ☐ Sim, poucas vezes.
- ☐ Sim, mas ocasionalmente.
- ☐ Sim, com frequência.

5. Com que frequência você usa Mapas digitais? (incluindo mapas na internet, em programas específicos ou em dispositivos como celulares e tablets)

- ☐ Diariamente.
- ☐ Com razoável frequência, especialmente durante meu trabalho.
- ☐ Raramente.
- ☐ Nunca.

6. Você possui alguma familiaridade com o campus da Universidade Federal do Paraná Campus Centro Politécnico?

- ☐ Sim
- ☐ Não

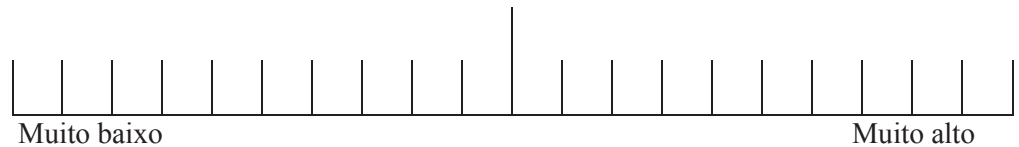
7. Qual dispositivo você está utilizando?

- ☐ Desktop
- ☐ Móvel

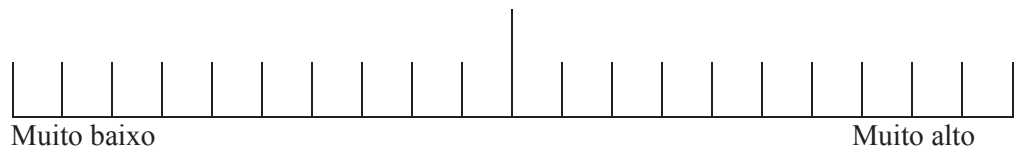
APÊNDICE 5 – NASA TASK LOAD INDEX (NASA-TLX)

O método da NASA Task Load Index (TLX) é uma ferramenta subjetiva de avaliação de carga de trabalho. O NASA (TLX) obtém uma pontuação geral da carga de trabalho com base na média das classificações em seis subescalas:

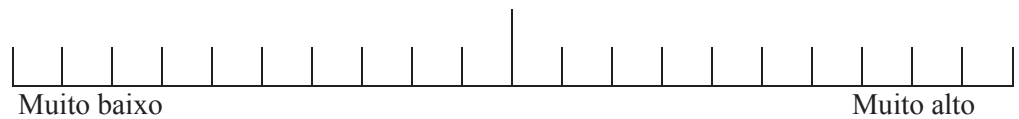
- Demanda Mental: Quão exigente era a tarefa?



- Demanda física: Quão fisicamente exigente era a tarefa?



- Demanda Temporal: Quão apressado foi o ritmo da tarefa?



- Desempenho: Quão bem sucedido você foi em realizar o que você foi convidado a fazer?



- Esforço: Quão difícil foi para você para realizar a tarefa?



- Frustração Quão inseguro(a), desanimado(a), irritado(a), estressado(a), e irritado(a) você estava?



APÊNDICE 6 – EMAIL PADRÃO PARA CONVITE DE PARTICIPAÇÃO NO TESTE DE USABILIDADE (ACOMPANHAMENTO DE USO)

Prezado (a), você está sendo convidado a participar do teste de usabilidade da interface do WebGIS UFPR Campus Map, os resultados deste teste irão compor minha dissertação de mestrado intitulado: “AVALIAÇÃO DE USABILIDADE E ERGONOMIA DO WEBGIS UFPR CAMPUS MAP (UCM) ACESSADO EM DISPOSITIVOS DESKTOP E MÓVEL”. Para tal, solicito gentilmente que caso tenha interesse em colaborar com esta pesquisa.

Peço gentilmente que marque a data e horário nas próximas semanas que seja mais adequado para você participar do teste. Clique no Link para realizar seu registro: < >

Agradeço desde já.

Atenciosamente.

Vinicius Emmel Martins

Mestrando do (PPGCG/UFPR)

APÊNDICE 7 – EMAIL PADRÃO PARA CONVITE DE PARTICIPAÇÃO NO TESTE DE USABILIDADE (QUESTIONÁRIO)

Prezado (a), você está sendo convidado a participar do teste de usabilidade da interface do WebGIS UFPR Campus Map, os resultados deste teste irão compor minha dissertação de mestrado intitulado: “AVALIAÇÃO DE USABILIDADE E ERGONOMIA DO WEBGIS UFPR CAMPUS MAP (UCM) ACESSADO EM DISPOSITIVOS DESKTOP E MÓVEL”. Para tal, solicito gentilmente que caso tenha interesse em colaborar com esta pesquisa.

Clique no Link para acessar o questionário:

Agradeço desde já.

Atenciosamente.

Vinicius Emmel Martins

Mestrando do (PPGCG/UFPR)

APÊNDICE 8 – EMAIL PADRÃO PARA CONVITE DE PARTICIPAÇÃO PARA AVALIAÇÃO HEURÍSTICA

Prezado(a), você está sendo convidado a realizar a avaliação heurística do WebGIS UFPR Campus Map (UCM), efetuando a inspeção de problemas na interface, os resultados deste teste irão compor minha dissertação de mestrado intitulado: “AVALIAÇÃO DE USABILIDADE E ERGONOMIA DO WEBGIS UFPR CAMPUS MAP (UCM) ACESSADO EM DISPOSITIVOS DESKTOP E MÓVEL”. Para tal, solicito gentilmente que caso tenha interesse em colaborar com esta pesquisa.

Utilizando seu dispositivo móvel/desktop clique no link para acessar o questionário: <...>

Agradeço desde já.

Atenciosamente.

Vinicius Emmel Martins

Mestrando do (PPGCG/UFPR)

APÊNDICE 9 – TRATAMENTO ESTATÍSTICO COMPARANDO AS FUNCIONALIDADES DO UCM TESTADAS EM DIFERENTES DISPOSITIVOS PROTOCOLO ACOMPANHAMENTO DE USO

Agrupamento de resultados positivos e negativos (sim e não), a partir de funcionalidades avaliadas com aplicação do acompanhamento de uso. A ANOVA informa se existe um tratamento discrepante dentre os demais, para saber quais respostas são estatisticamente iguais ou diferentes entre si, foi aplicado o teste de Tukey. As médias pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade seguidas de mesma letra maiúsculas na linha não diferem entre si, letras diferentes demonstram resultados estatisticamente diferentes. A mesma lógica é utilizada nas colunas que são representadas por letras minúsculas. Por exemplo a “Funcionalidade 3” na linha o resultado “11” representado pela letra “A” é maior portanto discrepante do “2” representado pela letra “B”. Referente a coluna na “Funcionalidade 3” O resultado “11” representado pela letra “a” é maior portanto discrepante do “5” representado pela letra “b”. Portanto conforme a linha ao utilizar a “Funcionalidade 3” os participantes que utilizaram dispositivo desktop para acessar o UCM conseguiram realizar a tarefa com sucesso, porém os participantes que utilizaram dispositivo móvel apresentaram maior dificuldade. Conforme a coluna, o dispositivo desktop obteve maior número de acertos em comparação com o dispositivo móvel.

Dispositivo de acesso	Médias	
Funcionalidade: 1	Sim	Não
Desktop	13 A a	0 B a
Móvel	13 A a	0 B a
Funcionalidade: 2	Sim	Não
Desktop	13 A a	0 B a
Móvel	13 A a	0 A a
Funcionalidade: 3	Sim	Não
Desktop	11 A a	2 B a
Móvel	5 B b	8 A b
Funcionalidade: 4	Sim	Não
Desktop	7 A b	6 B b
Móvel	9 A a	4 B a
Funcionalidade: 5	Sim	Não
Desktop	6 B b	7 A b

Móvel	7 A a	6 B a
Funcionalidade: 6	Sim	Não
Desktop	7 A a	6 B a
Móvel	7 A a	6 B a
Funcionalidade: 7	Sim	Não
Desktop	2 B a	11 A a
Móvel	2 B a	11 A a
Funcionalidade: 8	Sim	Não
Desktop	4 B a	9 A a
Móvel	3 B b	10 A b
Funcionalidade: 9	Sim	Não
Desktop	7 A a	6 B a
Móvel	6 B b	7 A b
Funcionalidade: 10	Sim	Não
Desktop	4 B b	9 A b
Móvel	10 A a	3 B a
Funcionalidade: 11	Sim	Não
Desktop	10 A a	3 B a
Móvel	10 A a	3 B a
Funcionalidade: 12		
Desktop	13 A a	0 B a
Móvel	13 A a	0 B a
Funcionalidade: 13	Sim	Não
Desktop	11 A b	2 B b
Móvel	12 A a	1 B a
Funcionalidade: 14	Sim	Não
Desktop	9 A a	4 B a
Móvel	9 A a	4 B a
Funcionalidade: 15	Sim	Não
Desktop	10 A a	3 B a
Móvel	6 B b	7 A b
Funcionalidade: 16	Sim	Não
Desktop	11 A a	2 B a

Móvel	2 B b	11 A b
Funcionalidade: 17	Sim	Não
Desktop	4 B b	9 A b
Móvel	7 A a	6 B a
Funcionalidade: 18	Sim	Não
Desktop	12 A a	1 B a
Móvel	4 B b	9 A b
Funcionalidade: 19	Sim	Não
Desktop	12 A a	1 B a
Móvel	12 A a	1 B a

APÊNDICE 10 – TESTE TUKEY APLICADO NAS RESPOSTAS NASA-TLX CONSIDERANDO O NÍVEL DE FORMAÇÃO DOS PARTICIPANTES PROTOCOLO ACOMPANHAMENTO DE USO

Ao considerar um nível de significância de 1%, não rejeitamos a hipótese de igualdade entre as médias. Teste ANOVA foi aplicado com o propósito de informar se existe resultados discrepantes em comparação com os demais, para saber quais resultados são estatisticamente iguais ou diferentes entre si, foi aplicado o teste de Tukey, no qual se as médias são iguais ou não, quando é identificado duas médias iguais, é rotulado com a mesma letra para facilitar a identificação. As médias pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade seguidas de mesma letra maiúsculas na linha não diferem entre si, letras diferentes demonstram resultados estatisticamente diferentes. A mesma lógica é utilizada nas colunas que são representadas por letras minúsculas. Por exemplo a “Demanda mental” na linha o resultado “3,4” representado pela letra “A” é melhor, portanto, estatisticamente discrepante do “6,0” representado pela letra “B” que é melhor comparado ao valor de “6,2” representado pela letra “C”. Referente a coluna o resultado “3,4” representado pela letra “a” é maior, portanto, discrepante do “5,8” representado pela letra “b”. Portanto os participantes do teste com nível de formação Graduação que utilizaram dispositivo desktop para acessar o UCM, relataram ter sentido menor demanda mental durante o teste.

Escolaridad e	Fundamental e Médio	Graduação	Mestrado	Doutorado
Demanda Mental				
Desktop	x	3,4 A a	6,2 C b	6,0 B b
Móvel	7,0 D	5,8 C b	5,2 B a	4,0 A a
Cansaço				
Desktop	x	2,0 B a	3,0 C a	1,0 A a
Móvel	2,0 A	3,5 C b	3,2 B b	4,0 D b
Demanda Temporal				
Desktop	x	3,75 B a	3,5 A a	6,0 C a
Móvel	6,5 D	5,0 B b	4,5 A b	6,0 C a
Desempenho				
Desktop	x	8,4 A a	8,2 B a	4,0 C b
Móvel	6,5 D	7,7 B b	7,2 C b	10,0 A a

Esforço				
Desktop	x	2,5 A a	4,2 B a	6,0 C a
Móvel	8,5 D	4,5 A b	5,7 B b	8,0 C b
Frustração				
Desktop	x	1,4 B a	1,2 A a	2,0 C b
Móvel	5,0 D	3,2 B b	4,0 C b	1,0 A a

APÊNDICE 11 – TESTE TUKEY COMPARANDO O ACESSO DO UCM EM DIFERENTES DISPOSITIVOS RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO

Análise quantitativa dos resultados referentes a funcionalidades do UCM coletadas com questionário.

Dispositivo de acesso	Médias	
Questão: 1	Sim	Não
Desktop	17 A a	0 B a
Móvel	15 A b	2 B b
Questão: 2	Sim	Não
Desktop	17 A a	0 B a
Móvel	16 A b	1 B b
Questão: 3	Sim	Não
Desktop	13 A b	4 B b
Móvel	17 A a	0 B a
Questão: 4	Sim	Não
Desktop	16 A a	1 B b
Móvel	16 A a	1 B b
Questão: 5	Sim	Não
Desktop	14 A a	3 B a
Móvel	10 A b	7 B b
Questão: 6	Sim	Não
Desktop	5 B a	12 A a
Móvel	3 B b	14 A b
Questão: 7	Sim	Não
Desktop	12 A a	5 B a
Móvel	10 A b	7 B b
Questão: 8	Sim	Não
Desktop	8 B b	9 A b
Móvel	10 B a	7 B a
Questão: 9	Sim	Não
Desktop	6 B b	11 A b
Móvel	9 A a	8 B a

Questão: 10	Sim	Não
Desktop	3 B a	14 A a
Móvel	3 B a	14 A a
Questão: 11	Sim	Não
Desktop	9 A a	8 B b
Móvel	9 A a	8 B b
Questão: 13	Sim	Não
Desktop	11 A a	6 B a
Móvel	7 B b	10 A b
Questão: 14	Sim	Não
Desktop	12 A a	5 B a
Móvel	12 A a	5 B a
Questão: 15	Sim	Não
Desktop	15 A b	2 B b
Móvel	17 A a	0 B a
Questão: 16	Sim	Não
Desktop	16 A a	1 B a
Móvel	11 A b	6 B b
Questão: 17	Sim	Não
Desktop	9 A b	8 B b
Móvel	11 A a	6 B a
Questão: 18	Sim	Não
Desktop	13 A a	4 B a
Móvel	11 A b	6 B b
Questão: 19	Sim	Não
Desktop	16 A a	1 B a
Móvel	15 A b	2 B b
Questão: 20	Sim	Não
Desktop	12 A a	5 B a
Móvel	9 A b	7 B b

Fonte: O AUTOR 2020.

APÊNDICE 12 – TESTE TUKEY APLICADO NAS RESPOSTAS NASA-TLX CONSIDERANDO O NÍVEL DE ESCOLARIDADE DOS PARTICIPANTES (QUESTIONÁRIO, PARTE:1) COMPARANDO O DISPOSITIVO DE ACESSO

Os resultados são obtidos a partir da comparação entre a carga de trabalho gráfico que os participantes relataram ao responder o (QUESTIONÁRIO, PARTE:1), utilizando dispositivo *desktop* e *móvel*.

Escolaridade	Fundamental e Médio	Graduação	Mestrado	Doutorado
Demanda Mental				
Desktop	4,6 D b	4,1 C a	2,3 B a	2,0 A b
Móvel	3,4 B a	4,8 D b	4,5 C b	1,0 A a
Cansaço				
Desktop	2,3 C b	3,3 D a	1,6 B a	1,0 A a
Móvel	2,2 B a	5,2 D b	3,5 C b	1,0 A a
Demanda Temporal				
Desktop	6,6 D b	3,6 B a	5,6 C b	3,0 A a
Móvel	5,0 C a	4,4 B a	3,5 A a	10,0 D b
Desempenho				
Desktop	7,3 C b	7,0 D a	9,3 A a	9,0 B b
Móvel	7,8 C a	6,2 C b	8,0 B b	10,0 A a
Esforço				
Desktop	2,3 B a	3,5 C a	2,0 A a	9,0 D b
Móvel	2,5 B b	5,2 D b	3,0 C b	1,0 A a
Frustração				
Desktop	3,6 D a	3,1 C a	1,3 B a	1,0 A a
Móvel	4,0 C b	4,8 D b	1,5 B b	1,0 A a

APÊNDICE 13 – TESTE TUKEY APLICADO NAS RESPOSTAS NASA-TLX CONSIDERANDO O NÍVEL DE ESCOLARIDADE DOS PARTICIPANTES (QUESTIONÁRIO, PARTE:2) COMPARANDO O DISPOSITIVO DE ACESSO

Os resultados são provenientes da comparação entre a carga de trabalho que os participantes relataram após responder o (QUESTIONÁRIO, PARTE:2) através do NASA-TLX, utilizando dispositivo *desktop* e *móvel*.

Escolaridade	Fundamental e Médio	Graduação	Mestrado	Doutorado
Demanda Mental				
Desktop	2,0 B a	3,4 a	3,3 b	1,0 a
Móvel	4,3 C b	4,8 b	3,0 a	2,0 b
Cansaço				
Desktop	1,7 B a	3,4 D a	3,3 C b	1,0 A a
Móvel	3,6 C b	4,4 D b	1,8 B a	1,0 A a
Demanda Temporal				
Desktop	5,0 D a	3,6 B a	4,3 C b	1,0 A a
Móvel	5,1 C b	4,8 B b	1,75 A a	9,0 D b
Desempenho				
Desktop	5,3 B b	5,8 A a	4,0 C b	1,0 D b
Móvel	5,4 B a	4,2 D b	5,0 C a	10 A a
Esforço				
Desktop	4,7 C b	3,2 B a	5,3 D b	2,0 A b
Móvel	3,0 B a	6,0 D b	3,5 C a	1,0 A a
Frustração				
Desktop	4,3 C a	4,4 D a	3,3 A b	4,0 B b
Móvel	5,0 D b	4,4 C a	2,0 B a	1,0 A a

FONTE: O autor (ano).

APÊNDICE 14 – TESTE TUKEY APLICADO NAS RESPOSTAS NASA-TLX CONSIDERANDO O NÍVEL DE ESCOLARIDADE DOS PARTICIPANTES (QUESTIONÁRIO, PARTE:2) COMPARANDO O DISPOSITIVO DE ACESSO

Os resultados expressos são provenientes da comparação entre a carga de trabalho que os participantes relataram após responder o (QUESTIONÁRIO, PARTE:3) através do NASA-TLX, utilizando dispositivo *desktop* e *móvel*.

Escolaridade	Fundamental e Médio	Graduação	Mestrado	Doutorado
Demanda Mental				
Desktop	3,6 C a	3,7 D a	2,0 A a	3,0 B b
Móvel	4,3 D b	4,0 C b	2,2 B b	2,0 A a
Cansaço				
Desktop	3,6 C a	3,7 D b	2,0 A a	3,0 B b
Móvel	4,1 D b	3,6 C a	2,2 B b	2,0 A a
Demanda Temporal				
Desktop	3,0 C a	3,4 D a	2,3 B b	2,0 A a
Móvel	5,1 B b	5,2 C b	2,2 A a	9,0 D b
Desempenho				
Desktop	4,7 B b	3,8 D b	6,0 A a	4,0 C b
Móvel	7,5 C a	7,6 B a	5,7 D b	9 A a
Esforço				
Desktop	6,7 C b	6,0 B b	9,0 D b	4,0 A b
Móvel	3,6 C a	3,0 B a	3,0 B a	2,0 A a
Frustração				
Desktop	5,0 D b	3,3 C a	1,7 A a	2,0 B a
Móvel	4,8 D a	4,6 C b	2,2 B b	2,0 A a